Il moderno Laboratorio Elettronico

Gianni Brazioli e Maurizio Calvi

IL MODERNO LABORATORIO ELETTRONICO

Autocostruzione di tutti gli strumenti fondamentali per lo studio dell'elettronica: alimentatori stabilizzati, multimetri digitali, generatori sinusoidali ed a onda quadra, iniettore di segnali, provatransistor, wattmetri e millivoltmetri.

SOMMARIO

PREMESSA

I mercatini, per me hanno un fascino irresistibile, tanto che conosco la maggioranza di quelli europei, dalla "Piazzola" di Bologna a Portobello Road di Londra, ed alcuni decisamente esotici, lontanissimi, come il "mercato dei ladri" (si chiama proprio così, senza falsi pudori!) di Hong-Kong, o il Thompson's knik-knak di Los Angeles. No, non sono un collezionista di tazzine spaiate, come uno di quei personaggi che s'incontrano sulle pagine di Ambler, le cineserie mi lasciano alquanto freddo, e altrettanto vale per gli immancabili indumenti ex militari che rappresentano una costante di ogni mercato delle pulci (anzi, non saranno questi *le sorgenti* di pulci?).
A livello di conscio, non v'é anzi un particolare genere merceologico che stimoli le mie "brame", ma se devo essere onesto fino in fondo, probabilmente quando mi aggiro tra i banchetti forse cerco di rivivere l'emozione dell'acquisto del mio primo tester; sono passati trent'anni ma la ricordo ancora. In quei tempi, per me il possesso del tester era la cosa senza dubbio più importante del mondo. Ero innamorato dell'elettronica quasi come si può esserlo di una ragazza, e, ahimé, i miei mi negavano la cifra necessaria per comprare il mitico strumento. Non che non ne avessero la possibilità; semplicemente vedevano la mia attività di sperimentatore "in nuce" con estrema avversione. Avevo avuto delle difficoltà in terza media, e loro credevano che il mio scarso rendimento fosse dovuto alla "distrazione" causata da valvole, pile e condensatori. Pensavano che *prima di tutto* si dovesse sapere a menadito la metrica latina o che sò, i fiumi della Spagna, poi potevano venire i "giochi" si chiamassero schettini, palline o tubi elettronici. Volente o nolente ancora oggi ricordo perfettamente il troncheo, lo spondeo ed il giambico, e so che i fiumi più importanti della Spagna sono il Duero, il Tago, la Guadiana ed il Guadalquivir, ma queste nozioni, nella vita non mi sono servite affatto. Il tester invece ... beh, il tester sì! Comunque, in sostanza se avessi chiesto i soldi per comprare l'ultima edizione del Badellino o del Campanini-Carboni (due famosi dizionari, per chi non ha frequentato studi classici) li avrei ottenuti prontamente, con sorrisi, carezze, magari con un piccolo extra. Se invece avessi osato parlare di strumenti elettronici, apriti cielo! L'effetto sarebbe stato identico a quello della tentata evocazione di Mephisto in persona! Così, ogni giorno che v'era mercato, mi aggiravo tra le bancarelle della città dove abitavo allora cùpido e teso, palpando il poco denaro che ero riuscito a racimolare e che conservavo ben piegato in un taschino temendo un improbabile borseggio, guardando intorno alla ricerca di un multimetro anche usatissimo, scassato, anche "duro", ma in qualche modo utilizzabile. Venne giorno così che *lo trovai*! Era un LAEL prima maniera, grande come

una scatola da scarpe, munito di cassetta - contenitore in legno duro, lucido in origine, ed a me pareva la più bella cosa del mondo, la più desiderabile, anzi la più anelata. Visto che funzionava ormai solo nelle correnti continue, e che aveva l'indice malamente spiegazzato, l'omino rigattiere me lo cedette secondo lui a poco, per me ad una cifra da capogiro, che prosciugava di colpo tutte le mie sostanze, compresi i soldini per una settimana di merende, anticipati, e le favolose cinquecento lire che mio nonno mi aveva elargito con la raccomandazione di non spenderle mai "perché un ometto deve sempre avere qualcosa nel portafoglio per tutte le evenienze". Malgrado questa débacle che per me poteva essere assimilata solo al "venerdì nero" della borsa di Wall Street, il ritorno del mercato con quel rottame di testerone LAEL sotto il braccio fu una marcia trionfale, un'apoteosi, sottolineata da peana, saltolini, pulite furtive al vetro impolverato dello strumento con il gomito della giacca. L'avrei baciato, quel coso!
Così tanta letizia mi è rimasta impressa, ed ogni tanto la richiamo o cerco di richiamarla aggirandomi tra i banchi dei vari "mercati in piazza". Compro, anche, incredibile a dirsi; una volta trovo un oscillatore campione della General Radio, un pò scazzottato ma riattabile, un'altra un display HP ... Certo, però, l'emozione tratta da questi acquisti è imparagonabilmente più modesta rispetto a quella data dal leggendario LAEL; prima di tutto perché gli strumenti "da piazza" dopo una sommaria analisi vanno a finire nei due grossi armadi che raccolgono i miei scarti, ormai debordanti, infatti non ho mai il tempo per revisionarli (!), e poi perché manca il piacere della conquista dell'oggetto tanto agognato.
Comunque, l'antica abitudine di frugare tra i materiali esitati dai rigattieri non l'ho mai persa, e rappresenta il residuo della mia penuria di strumentazione giovanile, così come moltissimi adulti che tengono in casa vetrine piene di soldatini di ogni epoca, spesso, in tal modo sfogano la loro frustrazione per un'infanzia povera, senza giocattoli, ed il desiderio spasmodico infantile di poter giocare con ussari o cavalieri.
Ora, malgrado che tra gli anni della mia infanzia ed oggi siano passate alcune "dinastie di re cinesi" per dirla con Carducci, nel senso che sono mutati i costumi, i genitori non pretendono più che la prole segua gli studi classici, vedendo di malocchio ogni altro iter scolastico mentre i ragazzi espongono le loro pretese e le preferenze con toni semplicemente impensabili ai miei tempi, bene, malgrado tutto ciò, per quel che mi risulta, gli sperimentatori specie più giovani continuano a soffrire per la penuria di strumenti. La questione finanziaria continua ad essere in primo piano, com'é ovvio. Non sono molte le famiglie prodighe di linee Soar alla prima richiesta, o magari di analizzatori di spettro (!).
Rispetto al dopoguerra, però, la situazione generale è migliorata perché da un lato girano più soldi, ed i ragazzi che vogliono rinunciare a qualche film in prima visione, qualche biglietto dello stadio, o qualche serata in discoteca fanno presto a raggranellare cifre abbastanza sostanzione; dall'altro, perché non è più necessario investire notevoli somme negli strumenti dalle marche insigni, visto che vi sono in produzione dei kit che con una certa facilità conducono a realizzare degli eccellenti

apparecchi di misura, con un costo molto ridotto se confrontano a quello dei sistemi già pronti. Le scatole di montaggio, in più, hanno un notevole valore didattico, perché consentono di conoscere a fondo tutti i dettagli dei "meters" che s'impiegheranno in seguito.
Questo manuale, è appunto dedicato ai giovani che intendono approfondire lo studio dell'elettronica realizzando un laboratorio "minimo" ma già in grado di permettere degli studi di un certo impegno. Non di rado, gli sperimentatori, vuoi perché attratti dalla pubblicità, vuoi perché consigliati male da altri inesperti, iniziano a costituire il loro laboratorio dalla parte sbagliata; per esempio acquistando un generatore di funzioni che solo chi ha buona pratica può sfruttar bene, o preferendo un alimentatore che eroga una tensione fissa a quello variabile.
Il mio intento, è proporre una scelta ragionata, dare i suggerimenti che evitano spese inutili, o premature, per indirizzare chi legge verso quei kit che veramente sono alla base del costituendo laboratorio, e che per logica devono "venire prima".
Il perché delle varie scelte, lo esporrò di volta in volta; per esempio, è inutile disporre di un sofisticato multimetro se poi a causa della mancanza di un buon alimentatore stabilizzato si devono alimentare gli apparecchi allo studio con delle pile che danno tensioni variabili in calare e mai precise. In sostanza, *gradualità e priorità"* potrebbe essere il motto ispiratore del manualetto.
Circa il materiale esposto, volendo essere certo che il lettore abbia la massima soddisfazione dai montaggi, e nessuna cattiva sorpresa, mi sono basato esclusivamente sui progetti delle Ditte Amtron e Kuriuskit che in Italia hanno indubbiamente una leadership, e riescono persino ad esportare su mercati esteri giustamente noti come difficili a causa della concorrenza locale; per esempio, l'Inghilterra, la Germania, la Francia. Il fatto che Amtron e Kuriuskit riescono battere *sul loro terreno* gli altri costruttori europei, dice tutto.
Con l'occasione anzi, ringrazio i dirigenti Amtron e Kuriuskit che mi hanno messo a disposizione tutta la gamma degli strumenti tra i quali ho potuto scegliere liberamente quelli da pubblicare, ed una minuziosa, enorme documentazione.
Un ringraziamento particolare va al dott. Calvi, della GBC Italiana, che è il co-autore di questo manualetto, nel senso che ha contribuito alla definizione degli argomenti da trattare, ha portato le proprie idee, ed in sostanza ha collaborato fattivamente alla stesura. Devo dire, che poche volte, nel caso di lavori portati avanti "a quattro mani" mi sono trovato a mio agio, come nel "tandem" con l'ottimo dott. Calvi.
Grazie, quindi, caro Calvi.
Concludendo, dirò ancora che un'altra ragione che mi ha spinto a prescegliere il materiale Amtron e Kuriuskit è la perfetta reperibilità delle relative scatole di montaggio, che sono distribuite dalle innumerevoli Sedi GBC.

Gianni Brazioli

INDICAZIONI PER L'ASSEMBLAGGIO DEGLI STRUMENTI DESCRITTI

Se il lettore ha dimestichezza con le riviste divulgative che trattano elettronica, saprà che gli articoli sono grossomodo divisi in tre parti, almeno quelli vergati con una certa professionalità standard.
Prima di tutto, l'autore espone i vantaggi dell'elaborato, visto che, almeno in via teorica, un progetto nuovo dovrebbe offrire nuove prerogative. Poi, l'estensore si preoccupa di rendere comprensibile lo schema elettrico, trattando il funzionamento di ogni stadio e di ogni componente di ciascuno stadio; infine vi è il commento al montaggio ed il colludo.
Se la trattazione dei vantaggi può essere varia ed anche molto personale, eventualmente nutrita di tratti di umorismo, di paragoni e rievocazioni, se il commento al circuito può essere portato avanti "alla tedesca", vale a dire in modo pedantesco; o "alla francese" svagatamente, o "all'americana" con mille riferimenti e con la ricerca di una chiarezza che talvolta prescinde dalle supposte conoscenze del lettore, il commento al montaggio è sempre di una noia da morire, non muta MAI: sembra un disco rotto.
Se, come dicono certuni che seguono il mio lavoro, io ho scritto un paio di migliaia di articoli "costruttivi" prescindendo da rubriche , saggi, racconti, raccolte, manuali ed altro, beh, se è così temo proprio di aver scritto almeno cinquecento volte che i diodi "devono essere collegati nel rispetto delle polarità" o che il "terminale di emettitore nei transistor T0-5 è indicato da una sporgenza sul case metallico".
Poiché sarebbe assurdo che infliggessi al lettore il fastidio di leggere sempre le stesse cose, in relazione alla pratica di montaggio, e poiché ... beh, desidero risparmiare anche a me stesso la molestia di ripetere e ripetere ancora delle annotazioni tutte pedissequalmente uguali, circa l'interconnesione delle parti, tratterò ora, una volta per tutte, le norme di cablaggio più usuali, evitando nel prosieguo ogni iterazione.
In tal modo potrò anche risparmiare spazio per annotazioni teoriche o pratiche più "succose".
Bene, allora vediamo tutta la materia dalla base.
Poiché, come ho detto, tutti gli strumenti hanno una produzione in serie indu-

striale, i relativi kit comprendono i ciruiti stampati già pronti. Non vi sarebbe quindi alcuna ragione per descrivere come si realizzano queste basi. I circuiti stampati sono pronti, ma non solo come ramatura, bensì sono forati ed addirittura *serigrafati*. La serigrafia, mostra la posizione delle parti, come si vede nelle figure 1, 2, 3, ma non solo; anche la loro polarità se si tratta di condensatori elettrolitici, diodi, rettificatori, e le connessioni dei transistori e degli IC.
Nelle figure che illustrano il testo, le basette stampate sono sempre viste dal "lato parti" quello serigrafato, appunto, con le sagome in primo piano. Ciò, perché durante l'allestimento di un qualunque apparecchio (salvo casi assai particolari) le basi si vedono così, e se occorre controllarle minuziosamente per osservare che i terminali penetrino nei fori giusti, e che le piste rispondano al circuito elettrico in riferimento alle connessioni esterne, ad esempio, si usa sollevarle ponendo una forte luce sotto alla ramatura, cosicché, per trasparenza si possano effettuare i riscontri.
Vediamo ora la procedura "logica" di assemblaggio.
È sempre necessario iniziare dalle parti non polarizzate, più piccole, aderenti alla basetta; quindi dalle resistenze fisse, dai ponticelli in filo, se ve ne sono; dai condensatori di piccolo valore.
I ponticelli in filo non rappresentano alcun problema; vanno eseguiti in filo rigido e ben tesi tra un foro e l'altro.
Le resistenze, se hanno una dissipazione ridotta per esempio 1/4 di W, 1/2W, 1W, recano il loro valore in chiaro (per esempio: 11.000 Ω, 1/2W, 1%) solo se sono dalla grande precisone.
In tutti gli altri casi, impiegano un codice trascritto a colori, per mezzo di successive fascette verniciate sul corpo plastico: figura 4. La figura 5 riporta tale codice. I

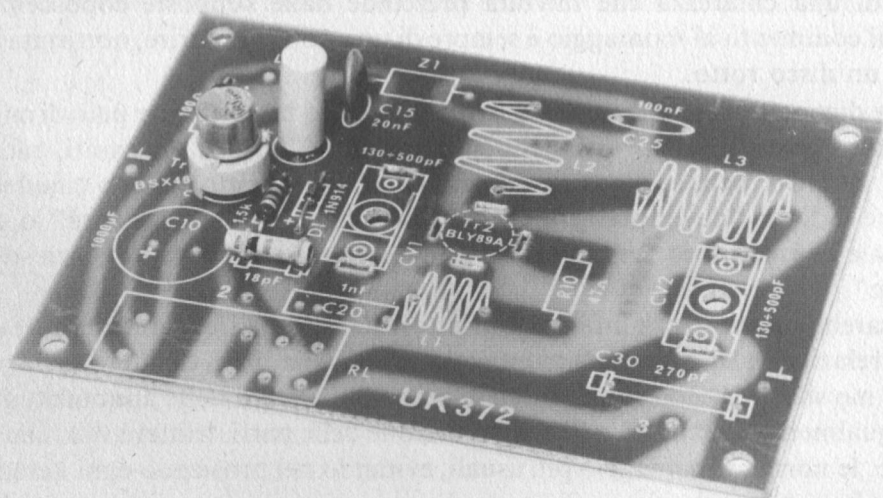



Figura 1. Circuito stampato di produzione Amtron con il montaggio in via di completamento. Come si vede, ogni parte, oltre ad essere chiaramente identificata con il proprio simbolo (ad esempio C30, R10, CV2 ecc), è richiamata con la relativa sagoma, e per i componenti polarizzati, la polarità è marcata accanto al foro d'inserzione del terminale; ad esempio, si noti la sagoma del C10, sulla sinistra.

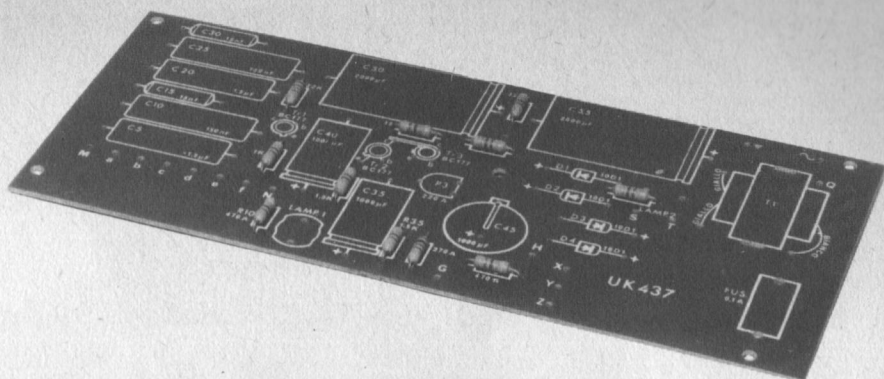



Figura 2. Altro circuito stampato Amtron. Sulla destra si osservano le sagome serigrafate dei diodi che recano la doppia indicazione del lato-catodo e della polarità positiva. Anche per tutti i condensatori elettrolitici vi è una precisa indicazione di polarità. Si veda, ad esempio, la sagoma del C45, pressoché al centro della basetta, e quella del C35.

neofiti, devono tener presente che da una casa costruttrice all'altra non vi è una perfetta uniformità nella gradazione delle tinte e di conseguenza in certi casi il colore rosso può essere scambiato con l'arancio e viceversa; così il giallo può variare al verde, o il verde può parere giallastro. Se vi è la minima incertezza, si deve sempre procedere alla misura con il tester prima di montare la resistenza, in quanto un valore erroneo può provocare degli stranissimi malfunzionamenti, ed è abbastanza difficile rintracciarlo, in sede di collaudo.
I condensatori in policarbonato, ceramici, isolati in film plastico che s'impiegano in questi kit hanno in genere il codice scritto in chiaro o facilmente distinguibile.
I detti non hanno una polarità, quindi un verso di connessione obbligato, ma si deve stare attenti a non invertirli tra di loro, in quanto vi sono dei modelli dalla identica grandezza che hanno valori grandemente diversi: fig 6.

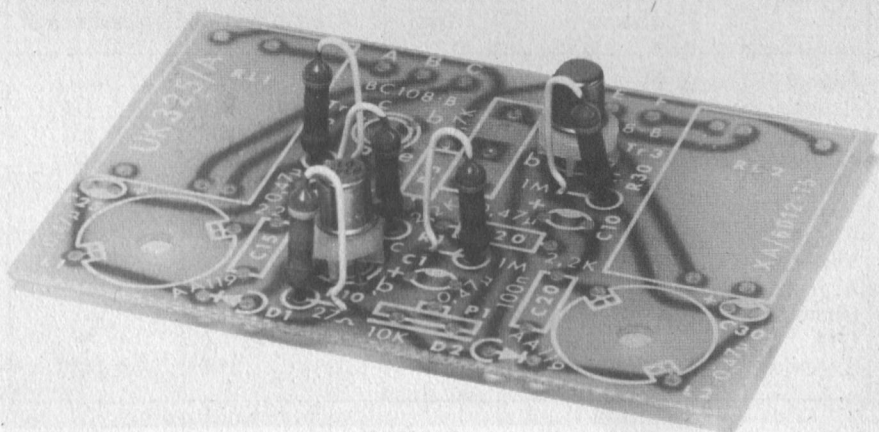



Figura 3. Anche nelle apparecchiature miniaturizzate (nella foto l' UK 352/A dell'Amtron) la serigrafia indica con certezza la posizione e la polarità delle varie parti.

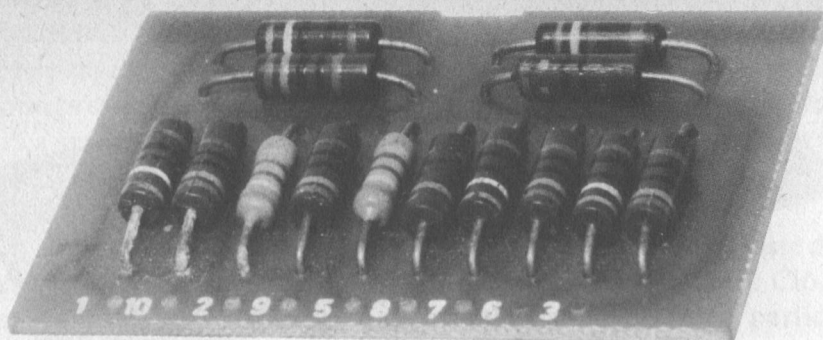
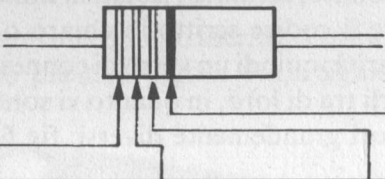



Figura 4. Gruppo di resistenze montate su di una basetta. Come si vede, ciascuna reca una serie di fascette colorate che indica il valore e la tolleranza.

Passando ora alle parti polarizzate, come si vede nella figura 7, i diodi hanno il loro lato catodo, o "+" contraddistinto da una o più fascette che possono essere nere, chiare o di colori diversi. Naturalmente, se in un montaggio s'inverte uno o più diodi, o non si avrà il funzionamento, o l'apparecchio funzionerà solo in parte. Uno o più diodi inversi possono anche produrre il guasto di altre parti, quindi è necessario prestare la *massima* attenzione a questi elementi. Nelle figure 2, 3, si nota che le serigrafie delle basette riportano chiarissima l'indicazione della polarità; errare è quindi difficile, ma si sa che i distratti talvolta raggiungono l'impensabile, nelle loro realizzazioni.

Colore	I Anello 1ª cifra	II Anello 2ª cifra	III Anello Moltiplicatore	IV Anello Tolleranza ●
Nero	0	0	1	—
Bruno	1	1	10	± 1%
Rosso	2	2	100	± 2%
Arancio	3	3	1.000	—
Giallo	4	4	10.000	—
Verde	5	5	100.000	—
Blu	6	6	1.000.000	—
Violetto	7	7	—	—
Argento	8	8	—	—
Bianco	9	9	—	—
Oro	—	—	: 10	± 5%
Argento	—	—	: 100	± 10%

● Senza il IV anello la tolleranza è ± 20%.

Figura 5. Codice a colori delle resistenze.

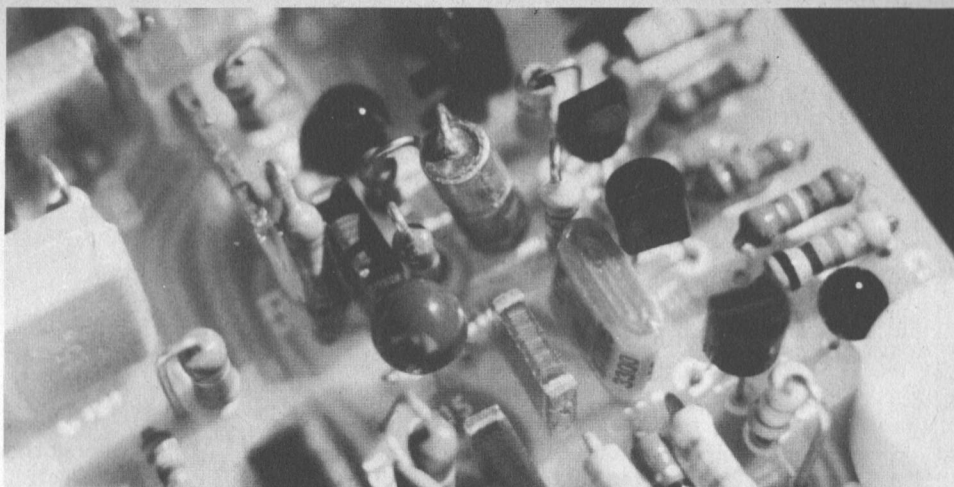



Figura 6. I condensatori non polarizzati, come quello che si vede al centro di questa fotografia, in genere hanno il loro valore scritto in chiaro sull'involucro, così come la massima tensione di lavoro.

I condensatori elettrolitici hanno a loro volta una polarità che è chiaramente stampigliata sull'involucro, figura 8, e nella serigrafia, figura 9. Se si trascurano queste indicazioni, quando si applica tensione all'apparechio ultimato, l'elettrolita dei condensatori inizia a disgregarsi, e dopo qualche decina di secondi, o al massimo dopo qualche minuto, il condensatore entra in cortocircuito. Non di rado il corto può danneggiare altri elementi circuitali, e nei peggiori casi di verifica quella

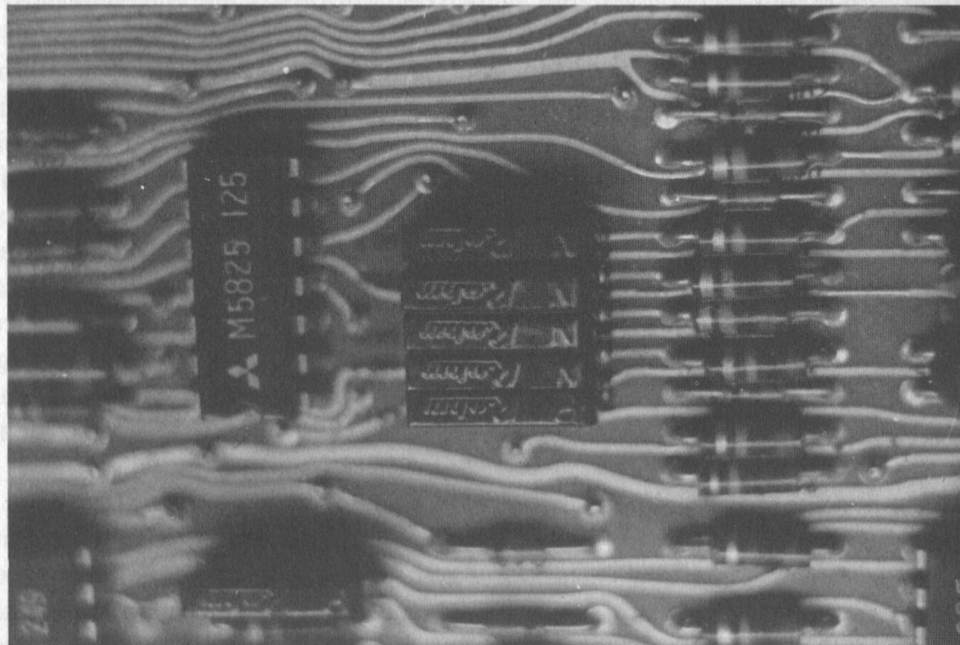



Figura 7. Tra le resistenze di questo montaggio si scorgono diversi diodi al silicio. Come si nota, tutti riportano una fascetta sull'involucro che indica il lato catodo.

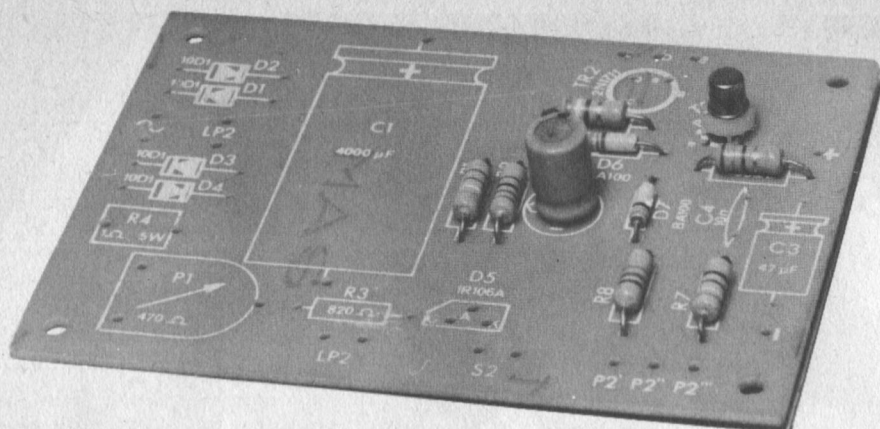



Figura 8. Al centro-sinistra di questa fotografia, si nota la sagoma del C1 che riporta bene in chiaro la polarità: il positivo (+) è orientato verso il fondo.

famosa concatenazione di avvenimenti negativi che rassomiglia ad un "Grande slam" nel bridge e che distrugge mezzo apparecchio. Massima cura, quindi. I condensatori elettrolitici possono essere previsti sia per il montaggio "verticale" che per quello "orizzontale". La figura 10 indica le due possibilità. I transistori di piccola potenza possono avere il contenitore metallico oppure plastico. La figura 11 mostra come siano indicati i collegamenti, ovvero la rispondenza tra reofori ed elettrodi; mi sembra quasi inutile dire che se si collega un solo transistore in modo erroneo non vi può essere speranza che un apparecchio funzioni. Anche i transistori dalla potenza medìo-elevata possono avere il contenitore sia metallico che plastico; la figura 12 esemplifica i collegamenti di questi altri. È da notare che i transistori "T0-3", per esempio BD112, 2N3055, hanno sempre il collettore connesso all'involucro per facilitare la dissipazione del calore generato durante il funzionamento. Quasi mai il collegamento di collettore corrisponderà al negativo generale, quindi vi sarà sempre, o quasi, la necessità d'isolare questi elementi tramite una lastrina di mica appositamente prevista e compresa nei kit, e le viti di fissaggio, a loro volta, impiegheranno un isolamento costituito da passanti plastici. Per la miglior conduzione del calore si usa spalmare la mica con del grasso al silicone, ed in ogni caso, quando si sono montati dei transistori T0-3, si deve misurare con l'ohmmetro la resistenza tra collettore e massa che deve essere infinita. Se a causa di un montaggio molto trascurato vi fosse conduzione, al primo azionamento dell'apparecchio i transistori potrebbero entrare in fuori uso o provocare il danneggiamento di altre parti.

I circuiti integrati che si usano nelle realizzazioni descritte sono di due tipi "DIL" se trattano i segnali, o a "tre terminali" se servono come regolatori. DIL significa "dual-in-line"; in pratica, che i terminali sono tutti disposti su due file, lateralmente all'involucro plastico. Poiché questo genere di piedinatura è ovviamente simmetrica, si potrebbe anche collegare un IC al contrario, se non si prendessero le precauzioni d'uso, che consistono nell'osservare la posizione della tacca, o dello svaso indicato nelle figure 13, 14 e 15. L'indicazione è sempre posta tra i terminali 1

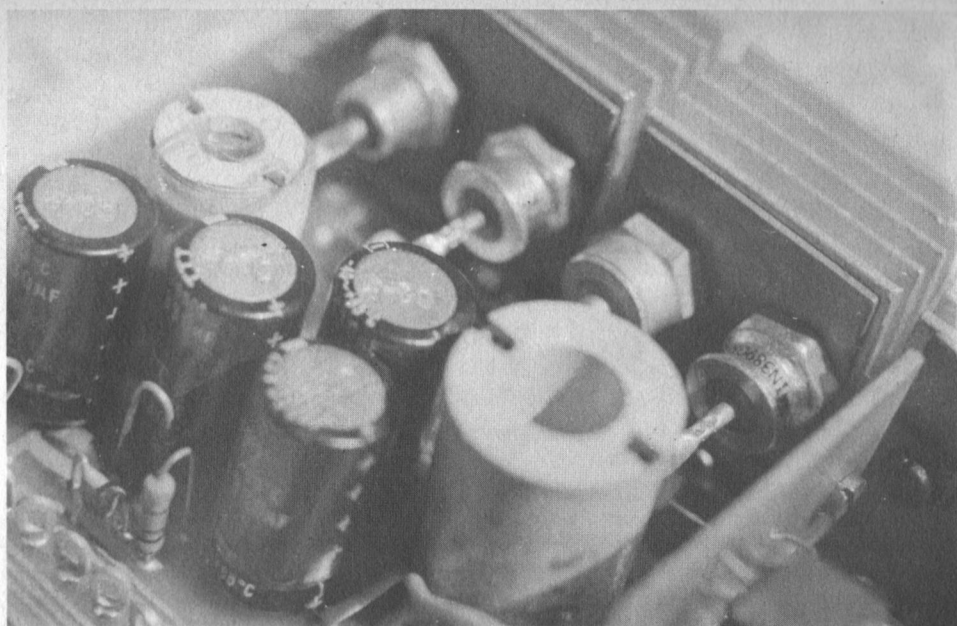



Figura 9. I condensatori elettrolitici che si scorgono in primo piano hanno la polarità chiaramente contrassegnata sull'involucro (si notino le file di "+").

ed 8, oppure 1 e 14, oppure 1 e 16 e via di seguito, ovvero tra il primo piedino e l'ultimo, come numerazione. Anche per gl'integrati, una versione risulta decisamente micidiale; capovolgendoli, i terminali si presentano a delle connessioni che recano tensioni inverse, ed in tal modo il "chip" interno fonde. Accorgendosi che ciò è avvenuto, lo smontaggio dell'IC risulta noioso e difficile. La miglior procedura, è rompere il case plastico con il tronchesino in tanti pezzi, poi asportare i frantumi dissaldando i due o tre terminali per volta che rimangono connessi agli stampati, da ciascun rottame.

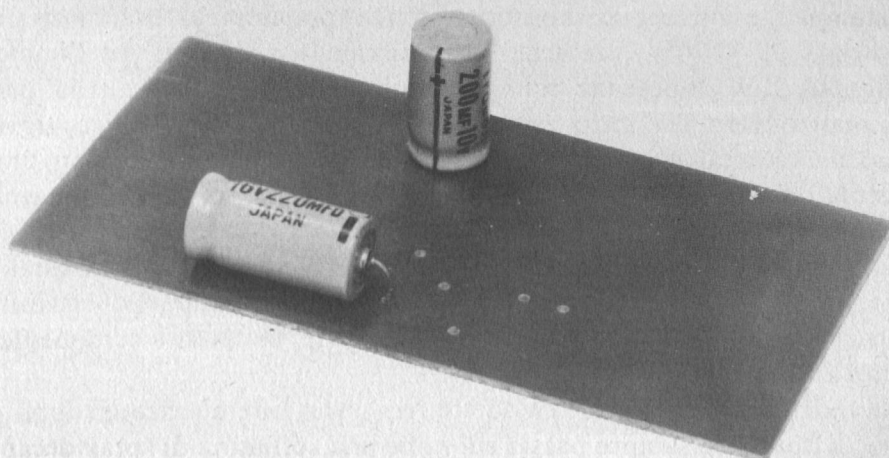



Figura 10. Il condensatore elettrolitico in primo piano è previsto per il montaggio "orizzontale", mentre quello sul fondo è un tipico elemento per montaggio in "verticale".

Figura 11. Due classici transistori di piccola potenza con involucro plastico e metallico. Sono indicati i terminali.

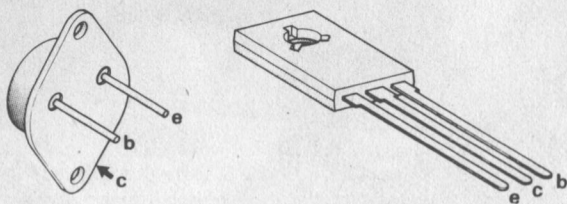



Figura 12. I due tipi più comuni di transistori di potenza; il modello a sinistra ha l'involucro metallico "TO-3", mentre il modello a destra ha l'involucro plastico.

Operando in altro modo, ovvero cercando di scaldare tutti i terminali in una volta e scalzare l'IC fuori uso, si può danneggiare lo stampato, produrre lo scollamento delle piste e trovarsi con la basetta seriamente danneggiata. Meglio evitare, come ben si vede, applicando subito la miglior attenzione al collegamento degli IC.
Gli integrati del tipo a "tre terminali" che si usano per i settori di alimentazione, esternamente rassomigliano molto a dei transistori di potenza muniti di contenitore plastico. Per il raffreddamento, questi prevedono una flangia metallica che sarà quasi sempre fissata su di un radiatorino, ed in tal modo, il verso di connessione dei reofori sarà automaticamente corretto. Ove non si usi il radiatore, i terminali dovranno essere attentamente scrutati prima della connessione.
Osserviamo ora la questione (assai importante!) delle saldature. Per lavorare sui circuiti stampati, e con i semiconduttori, non si devono impiegare saldatori generici dalla potenza di 60-70W, ma arnesi appositamente concepiti per l'impiego in elettronica, da 20W di potenza, muniti di punte intercambiabili a stilo, perfettamente isolati ovvero del tutto esenti da dispersioni della rete-luce, figura 18. Consiglio vivamente di NON impiegare in nessun caso i saldatori cosidetti "rapidi" o "a pistola" che hanno una tensione che circola nella punta. Questi sembrano proprio fatti apposta per rovinare i semiconduttori!
Impiegando saldatori di piccola potenza, talvolta, eseguire delle ottime saldature sulle piste dei circuiti stampati può sembrare difficile. Si tratta però di una difficoltà solo apparente, perché se il lavoro non riesce bene, la causa è certamente nella leggera ossidazione che ricopre le ramature.
Per asportarla, e procedere al lavoro con soddisfazione e senza intoppi, prima d'iniziare, si dovrebbe sempre passar sul rame una soffiatina di spray decappante Kontakt 61 della KONTAKTCHEMIE (GBC "LC/3020-00"). Allorché le piste si presentano ben lucide e terse, i problemi di saldatura scompaiono. Nelle figure 19 e

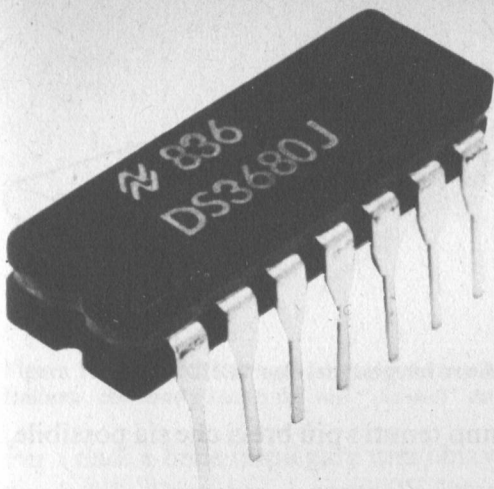



Figura 13. I circuiti integrati muniti di contenitore "DIL" recano sempre sull'involucro una tacca o uno svaso che identifica i terminali 1 e 8; 1 e 14; oppure 1 e 16 e via dicendo.

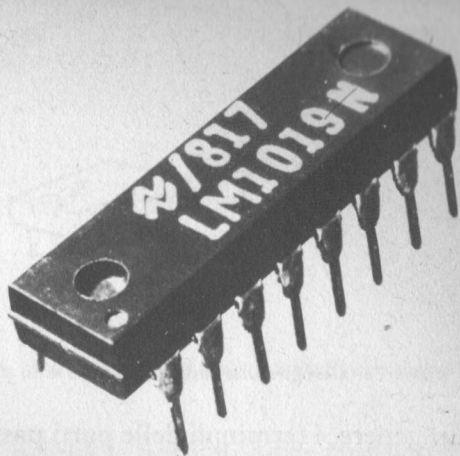



Figura 14. In altri modelli di IC, l'identificazione è ottenuta tramite un foro cieco. In quest'altro dispositivo National il foro è quello sulla sinistra, e l'indicazione è rinforzata da un secondo forellino angolare più piccolo.

20, si osservano delle saldature mal fatte, per la migliore conoscenza del lettore neofita; nelle figure 21e 22, si vedono invece delle ottime saldature eseguite a regola d'arte. Come si nota, le prime sono granulose, grigiastre, irregolari, mancano di stagno o ne è impiegato troppo. Le altre, al contrario, sono lustre e tondeggianti e la quantità di stagno è giusta.

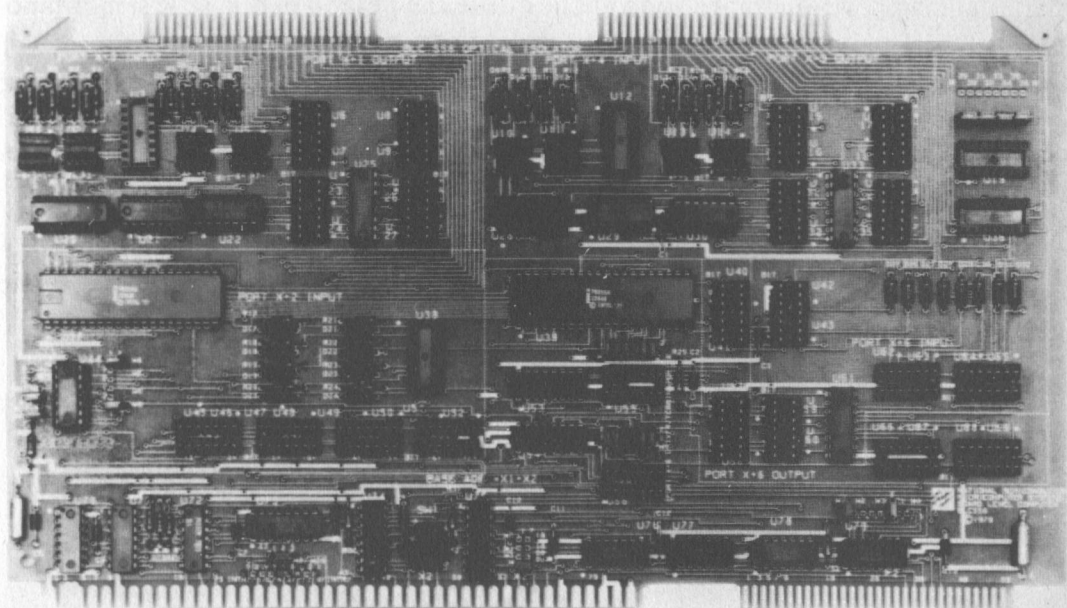



Figura 15. Pannello per calcolatore sul quale si scorgono numerosi circuiti integrati, dalla piedinatura sempre distinta da svasi o da fori.

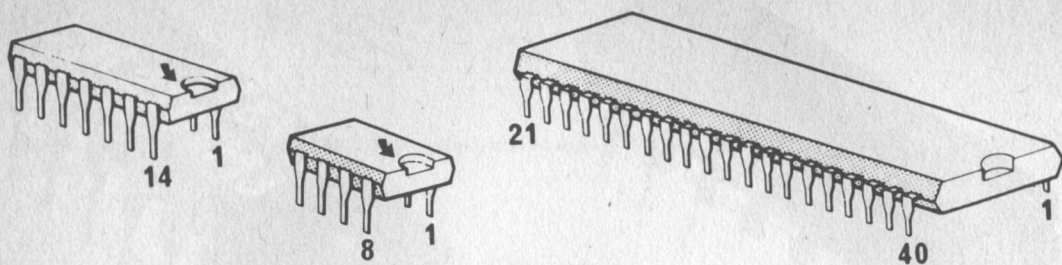



Figura 16. Disegno che indica la tacca e la piedinatura di tre integrati del tipo "DIL".

In genere, i terminali delle parti passive saranno tenuti i più brevi che sia possibile, come si vede nelle figure 23, 24.
I reofori dei transistori di piccola potenza, in genere devono essere lasciati lunghi otto-dieci millimetri: figura 25, 26.
Una volta che si siano eseguite le saldature, i reofori eccedenti che sporgono sul lato-rame devono essere troncati raso allo stagno con un tronchesino affilato.
Le parti dal maggiore ingombro, devono sempre essere montate per ultime, sulle basi; ciò vale per trasformatori, prese, potenziometri, grandi condensatori elettrolitici, resistenze ad alta dissipazione, commutatori e simili. Ciò per la semplice ragione che se si montano prima le parti "grandi" in seguito per inserire al loro posto quelle minuscole s'incontrano delle difficoltà ed è necessario piegare le pinzette a becco, procedura alquanto noiosa. Al tempo stesso, poiché in genere le parti dal maggiore ingombro sono anche quelle che pesano di più, se le si montano per prime, il pannello può essere maneggiato con minor facilità.
Sino ad ora, ci siamo interessati dell'assemblaggio dal punto di vista elettrico, ma anche quello meccanico, ha la sua buona importanza. I dadi dei potenziometri, dei commutatori, degli interruttori devono essere molto ben stretti senza trascurare mai le rondelle, gli spaziatori o quant'altro previsto.

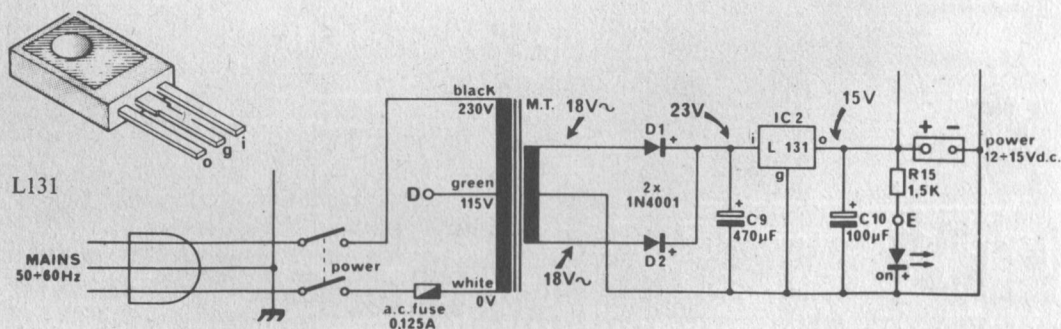



Figura 17. Schema elettrico tipico di un alimentatore che impiega per la regolazione un IC a "tre terminali", e sagoma dell'IC impiegato. Si noti l'identificazione dei terminali, che ha la seguente corrispondenza: "i", ingresso; "g", negativo generale, o massa; "o", uscita.

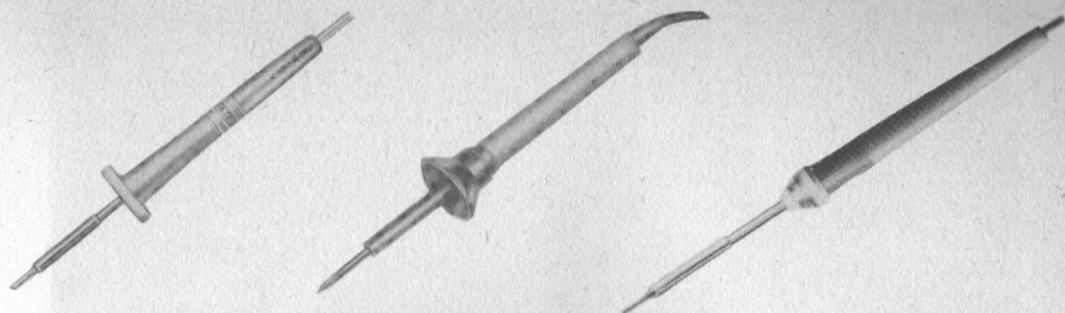



Figura 18. Tipici saldatori per impieghi elettronici da 15-20W. Si tratta degli "Ersa" distribuiti dalla GBC Italiana, che sono ritenuti dei veri "classici" dai tecnici.

Per i dadi è bene impiegare una chiave a tubo, perché le normali pinze tendono a "roderli". Di solito i controlli hanno anche una posizione obbligatoria per i contatti che deve essere rispettata, altrimenti le connessioni relative risulteranno troppo lunghe o disposte irrazionalmente. Nella varie figure che seguono, si vede come i collegamenti debbano essere sistemati e la loro lunghezza *massima*. Fissando gl'indicatori a bobina mobile sui pannelli, così come i serrafili, i cambiatensione ecc, non si devono stringere troppo i dadi, altrimenti le parti plastiche possono incrinarsi. In sostanza, una certa abilità manuale è necessaria. Il "buon" sperimentatore, oltre ad essere "handy" come dicono gli americani, è anche paziente e dotato di un buon spirito di osservazione. Non lascia nulla al caso ma

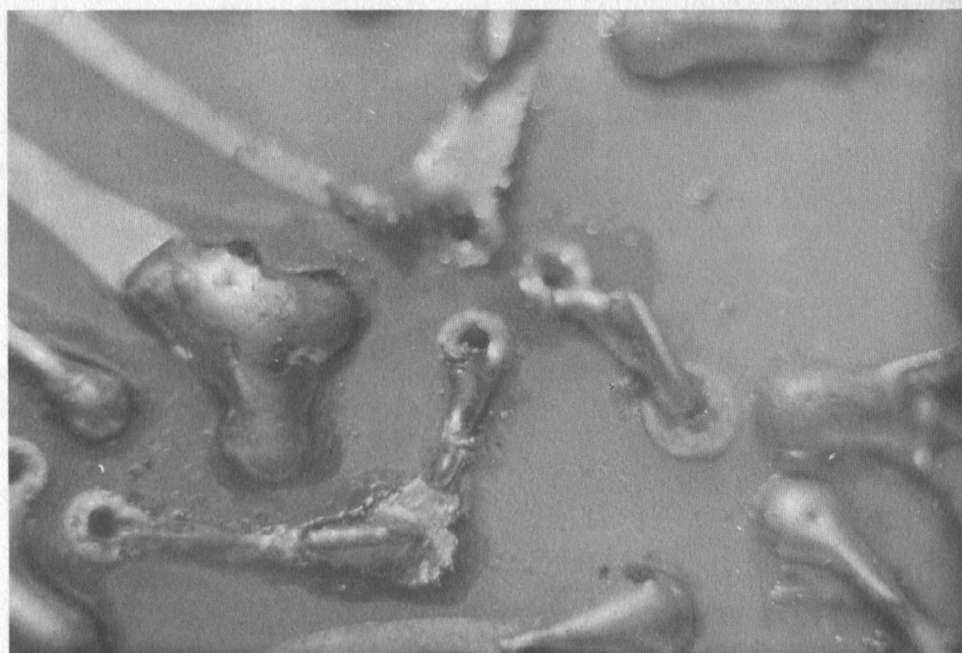



Figura 19. Gruppo di pessime saldature eseguite da un principiante impiegando un arnese inadatto. Come si nota, vi sono giunzioni grigiastre, granulose, altre impiegano troppo poco stagno (al centro), altre troppo.

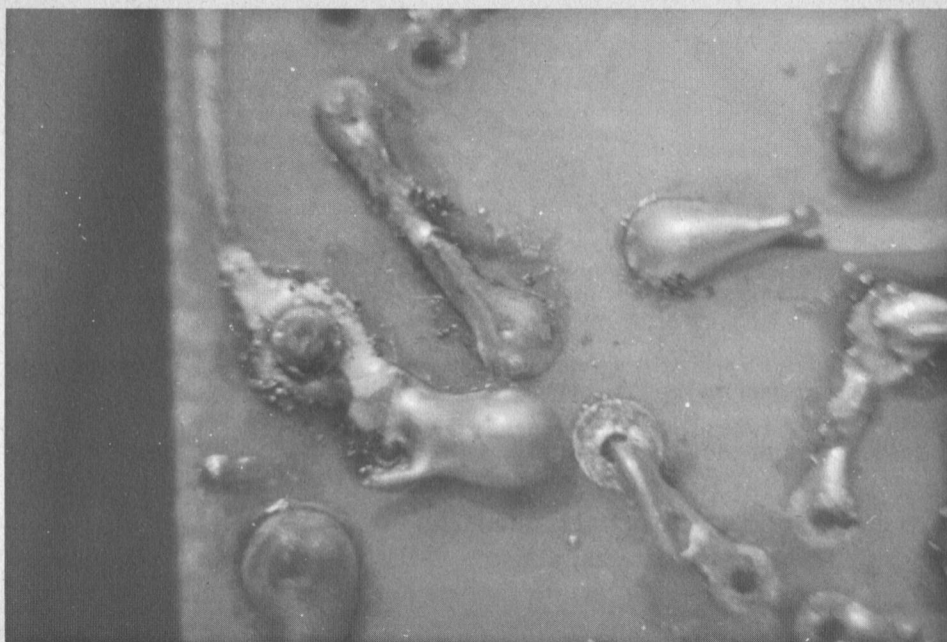



Figura 20. Altre saldature errate, variamente difettose.

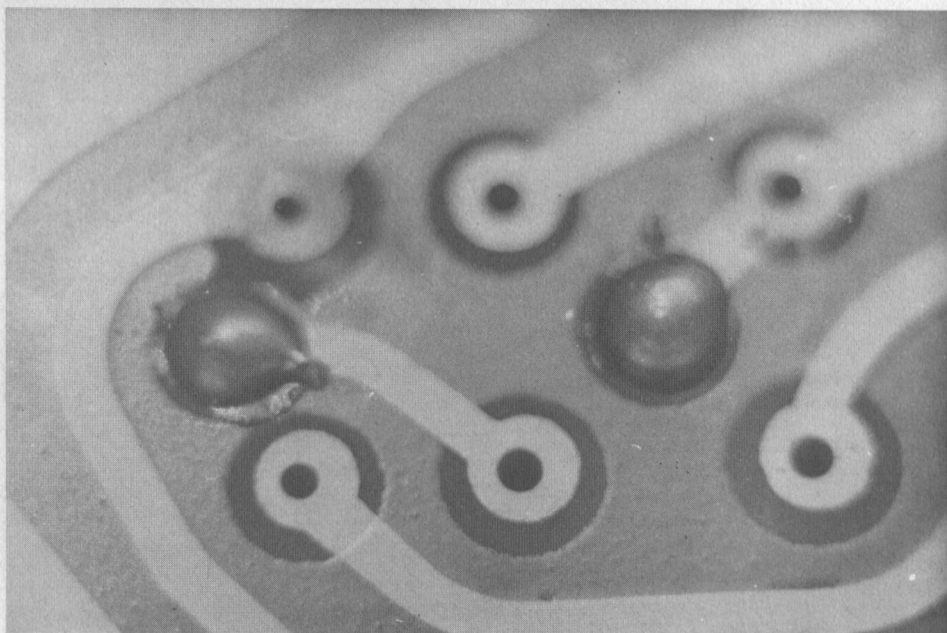



Figura 21. Buone saldature, eseguite professionalmente con la giusta quantità di stagno e con il calore esatto.

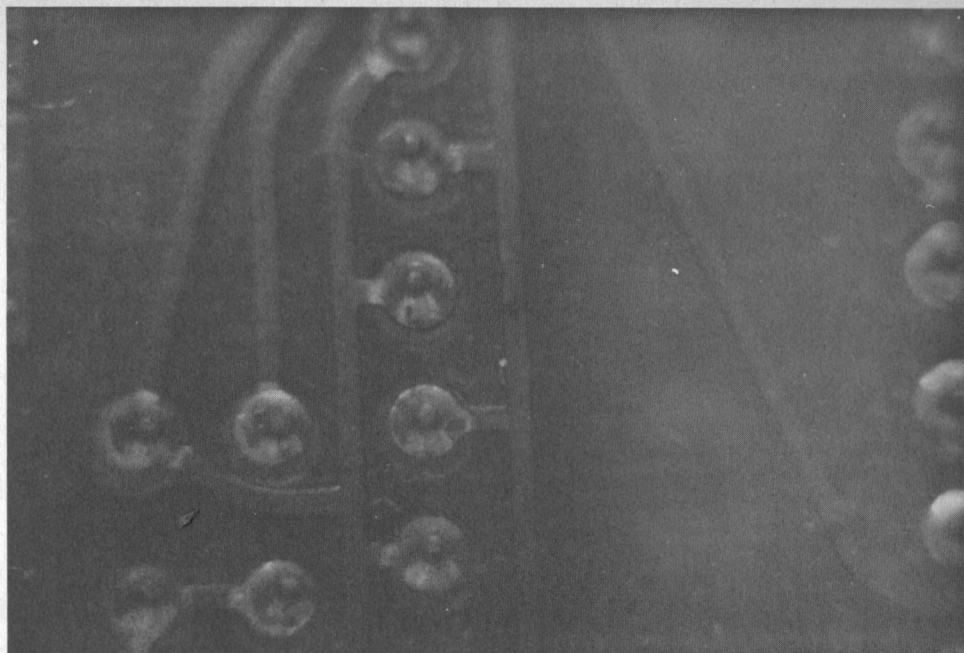



Figura 22. Altre saldature ottime. Si noti che lo stagno impiegato è sempre il minimo necessario, e la lucentezza delle connessioni.

controlla e se necessario *controlla più volte*. Gli hobbisti che danno per scontato questo e quello, che non effettuano paragoni con i disegni teorico-pratici, che procedono un pò alla carlona, è bene che tengono tra i loro arnesi un dispositivo normalmente imprevisto: un estintore!
Succede loro un pò di tutto, quando provano un apparecchio per la prima volta. Scherzi a parte, suggerisco di procedere con metodo, alle varie fasi della realizzazione; meglio un controllo in più che uno in meno. Chi lavora per il proprio diletto, non è legato a tempi di consegna; può quindi impreziosire gli elaborati curando ogni dettaglio, sia elettrico che meccanico. Raccomando di non cedere mai alla "fretta di provare" la ben nota temibilissima consigliera. È una radicata ma

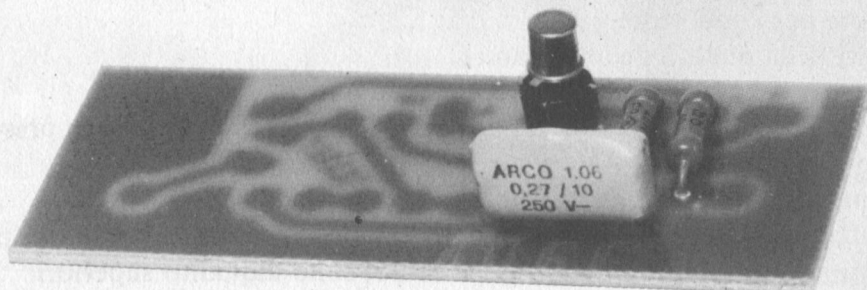



Figura 23. Le connessioni delle parti passive è sempre bene che siano mantenute le più corte che sia possibile. Come si nota, il condensatore da 0,27 μF in primo piano ha il corpo quasi a contatto con la base stampata.

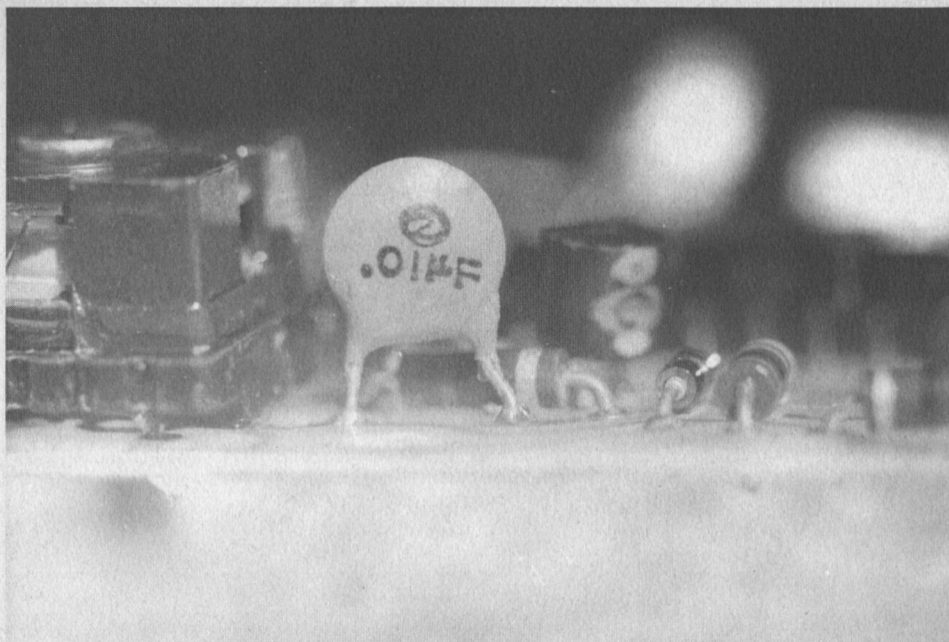



Figura 24. In primo piano si osserva il montaggio di un condensatore ceramico e di alcune resistenze; si noti il raccorciamento dei reofori.

pessima abitudine il passare direttamente dal montaggio al collaudo. Come tutti gli esperti sanno, eseguita l'ultima saldatura, è bene andare a fare un giretto, distrarsi, pensare ad altro. In seguito, con la mente sgombra e riposata, si può passare (anzi si *deve* passare) al controllo del lavoro eseguito. Questo deve essere intrapreso metodicamente, con la progressione che ora dettaglio:

a) controllo dei valori delle resistenze fisse.
b) verifica dei valori dei condensatori non polarizzati.
c) controllo dei valori e delle polarità degli elettrolitici.
d) controllo dei reofori dei semiconduttori.
e) revisione dei controlli montati sulle basette e all'esterno.
f) espuntatura delle connessioni filari, effettuata per paragone con i piani di montaggio, eventualmente ripassando con una matita colorata i disegni, conduttore per conduttore.
g) analisi della qualità delle saldature.
h) controllo del cambio tensione, del cavo d'uscita.
i) esame delle connessioni dirette ad indicatori, LED, verifica della presenza del fusibile.
l) ultima occhiata generica "a buon senso".

Ecco, una volta che tutti gli esami detti siano stati eseguiti con buon piglio ed eccellente volontà, le probabilità di successo, sono alquanto superiori!

Ora, concludendo con questo doveroso pot-pourri di note, raccomandazioni e consigli, mi urge ancora un concetto.

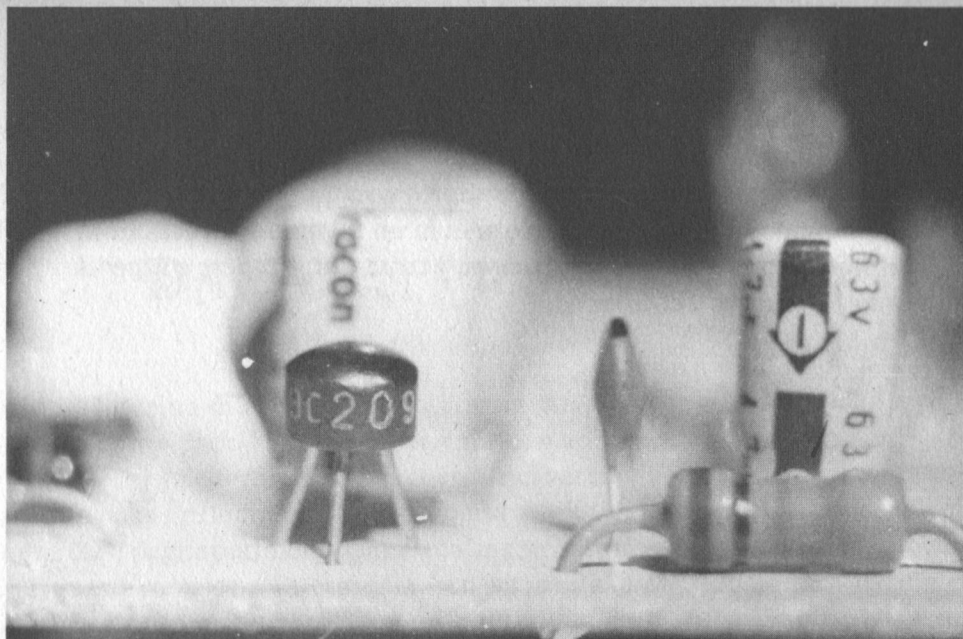



Figura 25. Montaggio di un transistor con involucro plastico. La lunghezza mostrata per i terminali, è quella minima adottabile.

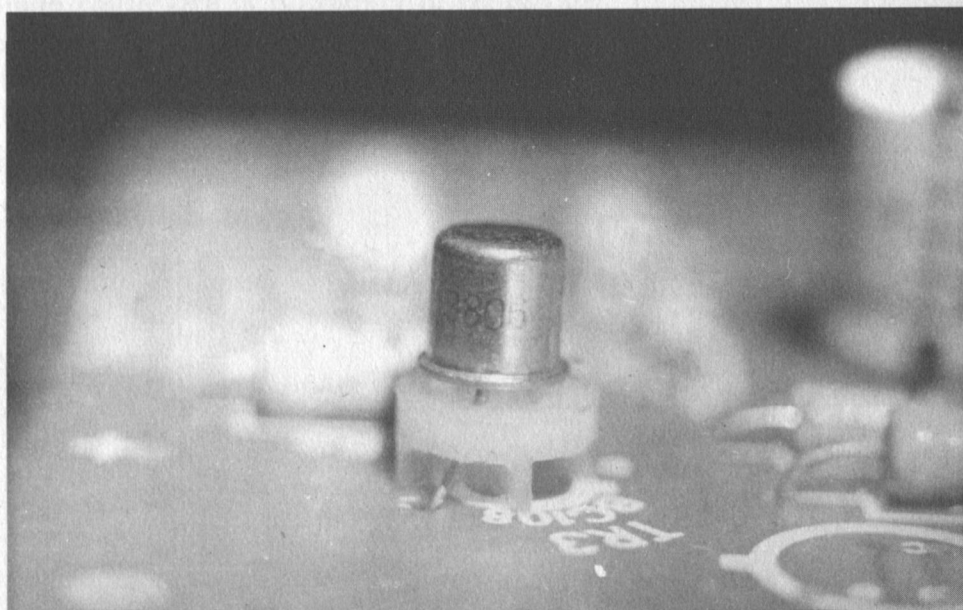



Figura 26. I transistori di piccola potenza, possono anche essere montati impiegando spaziatori plastici, che determinano automaticamente la lunghezza dei reofori.

Quando si realizza un'apparecchiatura elettronica, anche se i disegni costruttivi sono molto chiari (e per fortuna è il nostro caso!) non si deve abdicare alla propria intelligenza compiendo un lavoro di copia meccanica. Al contrario, ci si deve sforzare per comprendere come mai una certa parte è collegata in quel modo, dove conduce un tal ponticello e perché magari un tal reoforo non si usa. In sostanza, il lavoro di assemblaggio non deve essere affatto robotico, ma al contrario, si deve cercar di capire ciò che si fa, e perché lo si fa in un tal modo invece che in un altro. Ciò che comunemente si chiama esperienza, è tutta qui: *è sapere e saper dire perché le cose vanno fatte in un certo modo.*

ALIMENTATORE STABILIZZATO DA 5Vc.c. - 0,5A (KS 248)

Sino ad una decina di anni fa, i neofiti iniziavano sempre o quasi la loro attività in elettronica compiendo le prime esperienze con apparecchi alimentati a pile; spesso da 9V, visto che tale tensione era suggerita nei vari articoli e manuali, appunto nella presunzione che i principianti volessero usare tali elementi, definiti "per radioline". Le preferenze degli sperimentatori attualmente si sono dirette verso il valore di 4,5V perché questa tensione intermedia ben si presta a far funzionare oscillatorini, preamplificatori, piccoli amplificatori e tutta una congerie di dispositivi, non solo realizzati con i comuni transistori, ma anche con gli integrati della serie TTL, indubbiamente i meno costosi, meno delicati, più facilmente reperibili.
Ben presto però, tutti coloro che hanno iniziato con le pile, di qualsivoglia tipo, avvertono le necessità di avere una sorgente di tensione affidabile, sicuramente disponibile, e cercano di mettere assieme volenterosamente un alimentatore a bassa tensione funzionante a rete; un sistema di erogazione ... non soggetto a scarica! Volendo conservare la possibilità di far uso dei "tuttofare" TTL, i tentativi si dirigono per lo più verso alimentatori in grado di erogare all'incirca 5V, ma molti neofiti scelgono la via sbagliata per giungere alla realizzazione; mettono in opera il classico 2N3055 o altro transistor equivalente, un diodo zener da 4,7V, un rettificatore a ponte, un certo numero di resistenze, condensatori, e si danno alle connes-

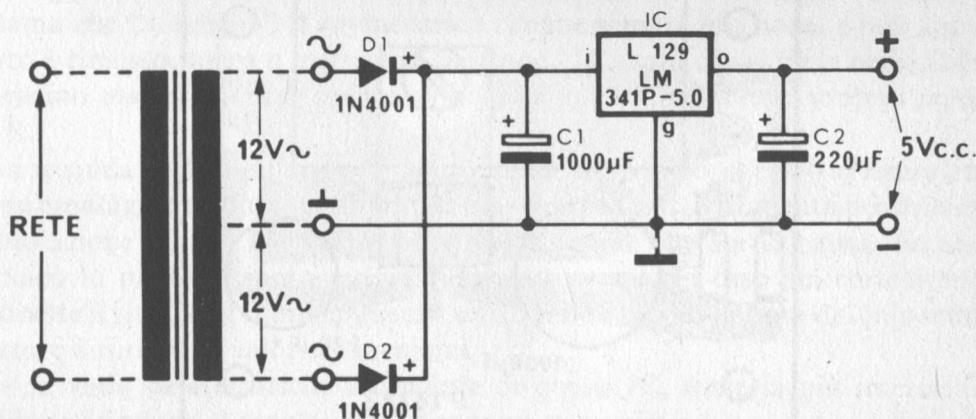



Figura 27. Circuito elettrico dell'alimentatore a tensione fissa d'uscita che impiega il regolatore a tre terminali "L 129".

sioni, alle varie prove, spesso conseguendo una certa esperienza, ma ... "di segno negativo", ovvero imparano come *non fare le cose*. Il che se è meglio di niente, non è nemmeno un vantaggio inestimabile.
Un moderno alimentatore per principianti dovrebbe avere delle caratteristiche che raramente sono comprese negli alimentatori realizzati per tentativi o sulla base di vecchi schemi.
Dovrebbe prima di tutto essere completamente protetto dai cortocircuiti, perché l'inesperto talvolta azzarda, o non ha ancora acquisito quel "colpo d'occhio" che scongiura molti fastidi, e quasi sempre si accorge "dopo" di ciò che era bene evitare.
Dovrebbe inoltre poter erogare una tensione d'uscita livellata in modo eccellente, per non far "ronzare" ogni elaborato, e la stessa dovrebbe essere anche la più stabile che sia possibile ottenere. Insomma, l'apparecchio dovrebbe essere preciso, efficiente, indistruttibile. Si possono realizzare alimentatori del genere anche impiegando parti convenzionali, ma per chi inizia, l'impresa non è delle più facili perché l'apparecchio risulta piuttosto complicato; inoltre vi è una sproporzione netta tra i vantaggi offerti (la tensione d'uscita fissa) ed i costi.
Fortunatamente, oggi, per chi compie i primi incerti passi nell'affascinante campo dell'elettronica, vi è un diverso sistema per concepire il progetto di un alimentatore dalla tensione fissa: si tratta d'impiegare un cosidetto "regolatore IC a tre terminali". Poiché la disponibilità di una sorgente di tensione stabile è certamente la prima necessità di ogni proselite, mi sembra logico trattare subito un apparecchio del genere.
I regolatori a "tre terminali" oggi sono realizzati da moltissime marche con caratteristiche non troppo dissimili. Hanno un ingresso, una uscita, un terminale comune di massa per l'ingresso e l'uscita. Tramite una circuiteria interna piuttosto complicata che comprende molteplici stadi, (Figura 29), prima di tutto regolano la tensione CC che è loro applicata, riducendola ad un valore fisso d'uscita con uno

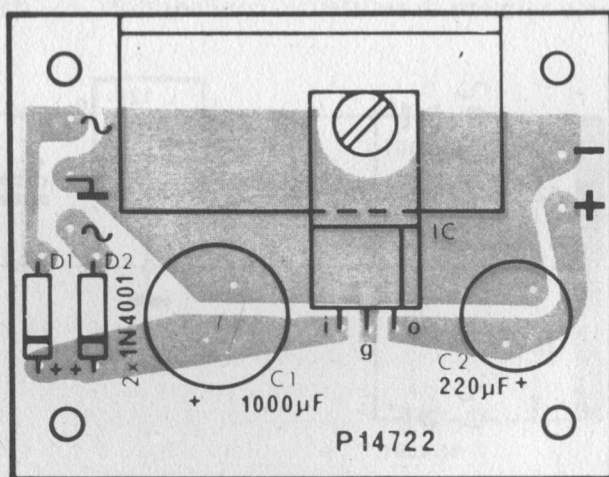



Figura 28. Basetta stampata dell'alimentatore, vista dal lato parti con le piste in trasparenza.

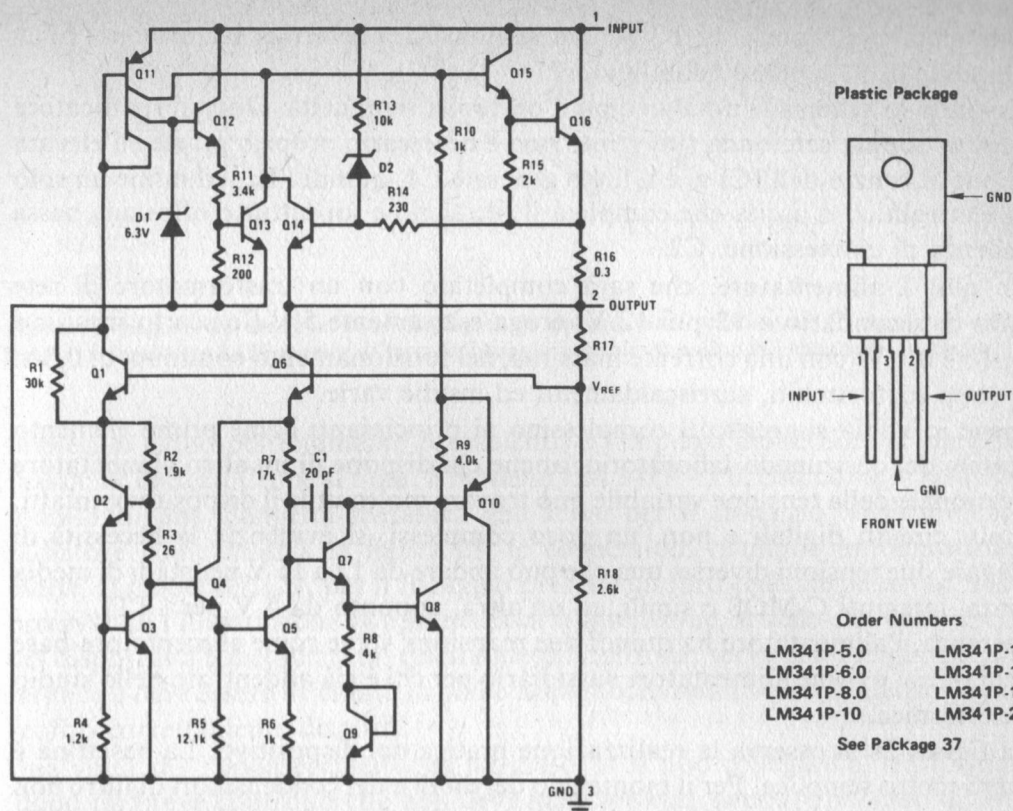



Figura 29. Schema elettrico "interno" dell'IC regolatore a tre terminali LM341P - 5.0, che può essere usato in questo alimentatore. A destra si vede la sagoma del medesimo con le relative connessioni.

scarto minimo: per esempio 100 mV per variazioni d'ingresso di 10 V. La loro seconda funzione è quella di autoproteggersi, e quest'altra è svolta in due modi. Se all'uscita si presenta un carico eccessivo, o un cortocircuito fisso, un sensore della eccessiva corrente mette subito a riposo l'intero circuito troncando l'erogazione. Il sistema che "sorveglia" il sovraccarico rimane sempre in azione, e non appena il corto è rimosso, torna a mettere in funzione l'IC senza che vi sia la necessità di un ripristino manuale, come invece avveniva con gli alimentatori protetti mediante SCR.

Una seconda protezione è quella dal sovraccarico termico, che può avvenire a causa di un montaggio erroneo, con la totale mancanza di raffreddamento per convezione (circolazione d'aria). Se l'IC si surriscalda, quale che sia la causa, un sensore termico lo mette a riposo automaticamente, come nel caso del cortocircuito, e permette il ritorno al funzionamento solo quando la temperatura del chip semiconduttore è tornata a valori convenienti.

Tra le varie caratteristiche *secondarie* di questi IC, forse la più interessante è l'elevata reiezione al ronzìo, come dire che tutti comprendono anche un filtro attivo che attenua i 50 Hz ed i 100 Hz che risultano nel rettificatore, permettendo l'impiego di condensatori di filtro dal valore più piccolo dell'usuale.

Un alimentatore munito di IC a "tre terminali", che eroga la tensione TTL-compatibile di 5V appare nella figura 27.
Osservando lo schema si nota a colpo d'occhio la semplicità. Dopo il rettificatore del tipo a doppia semionda (un ponte non è necessario proprio grazie all'elevata reiezione al ronzìo dell'IC) vi è il filtro generale C1, quindi l'IC, ed infine un solo altro elettrolitico d'uscita che completa il filtraggio e soprattutto offre una bassa impedenza di connessione: C2.
Tutto qui! L'alimentatore, che sarà completato con un trasformatore di rete munito di secondario a 12 più 12 V, eroga esattamente 5 V (lo scarto massimo previsto è 0,1 V) con una corrente massima, nel funzionamento continuo, di 0,5A. Non teme cortocircuiti, surriscaldamenti ed insidie varie.
Sebbene io abbia suggerito il complessino ai principianti come primo elemento affidabile del costruendo laboratorio, anche chi dispone di un altro alimentatore professionale della tensione variabile può trovare molto utile il dispositivo; infatti, in molti circuiti digitali e non, un poco complessi, si evidenzia la necessità di impiegare due tensioni diverse; una che può andare da 12 a 15 V per stadi di media potenza, integrati C-MOS e simili, ed un'altra, appunto da 5 V per i TTL.
In sostanza, l'alimentatore ha quindi due mansioni: serve come alimentatore-base per chi inizia, e come alimentatore sussidiario per chi è già addentrato nello studio dell'elettronica.
Nella figura 28 si osserva la realizzazione pratica del dispositivo. La basettina è davvero molto semplice! Per il montaggio dei diodi e dei condensatori di filtro non vi sono commenti da esprimere; ho già detto tutto quel che serve nella parte introduttiva. L'integrato, per poter funzionare al massimo carico per lungo tempo senza problemi, come dire senza che si ponga a riposo da solo a causa del riscaldamento, necessita di un radiatore ad aletta che si vede sia nel piano di montaggio che nella fotografia di figura 30. La figura 31, mostra le sagome dei tre IC che si possono

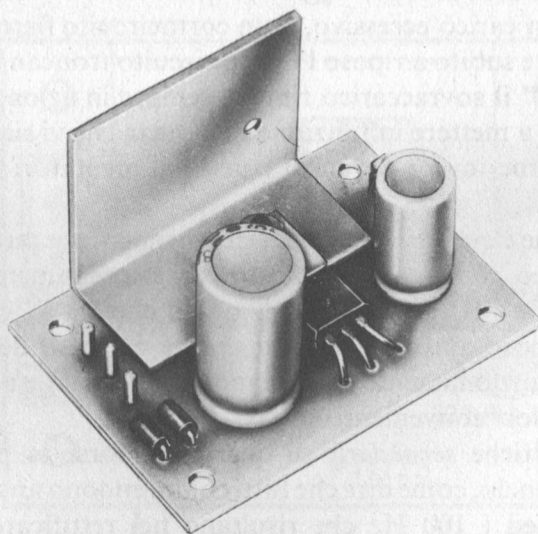



Figura 30. Fotografia dell'alimentatore montato. Si nota il radiatorino a "elle" che raffredda l'IC.

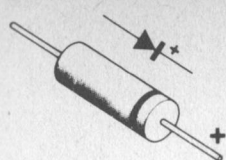
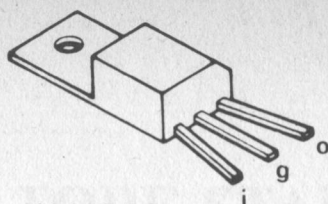
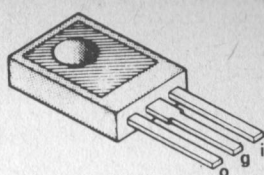



Figura 31. Sagome dei semiconduttori impiegati: da sinistra, diodi rettificatori, IC regolatori muniti di flangia, e regolatore L129 munito di foro di fissaggio centrale: si notino le indicazioni dei reofori.

impiegare (sono perfettamente equivalenti) e l'impiego dei reofori (i: ingresso, g: massa; o: uscita). Come si nota, il modello LM 341P - 5.0, così come il 78MO5C, è munito di una flangetta metallica che serve per il fissaggio; stringendola sul radiatore come mostra la figura 28, le connessioni risultano automaticamente esatte. Il modello L129, per il fissaggio prevede un foro centrale passante. Sempre osservando l'illustrazione con la necessaria attenzione, si vede che una superficie del dispositivo è metallizzata; questa metallizzazione, serve per il miglior contatto termico e deve essere orientata in basso appunto, montandola sull'aletta, si hanno i reofori correttamente disposti.

Una volta che l'apparecchietto sia ultimato, lo si può collegare al trasformatore (dopo un breve controllo che non deve mancare *mai*, neppure nel caso di sistemi semplici come questo) ed ... impiegarlo, visto che non vi è alcuna regolazione da eseguire ed il funzionamento è immediato.

Per vedere se la tensione è effettivamente erogata si può usare un tester o una lampadina da 6,3 V.

È ovviamente necessario un contenitore che protegga le piste dei cortocircuiti ed il tutto della polvere e dell'insidiosa limatura d'alluminio che sovente rimane negl'interstizi del banco. Basta comunque una scatoletta metallica traforata per facilitare la circolazione dell'aria. In questa, il circuito sarà fissato per mezzo dei fori presenti sulla basetta e distanziali alti 10 mm o simili. L'uscita della tensione CC può essere rappresentata da boccole o serrafili colorati in rosso e nero, o blu e nero. In serie al primario del trasformatore può essere connesso un interruttore di rete di qualunque tipo.

ELENCO COMPONENTI			
C1	**Cond. elettr. 1000µF 16 V vert.**	**1**	**Dissipatore**
C2	**Cond. elettr. 220µF 16 V vert.**	**1**	**Vite M3 x 8**
IC	**Integrato LM 341P-5.0 = L 129 =**	**1**	**Dado M3**
	78 M05C	**1**	**Circuito stampato**
D1-D2	**Diodo 1N4001 = 1N4002 = 1N4003**	**5**	**Ancoraggi per C.S.**

ALIMENTATORE STABILIZZATO DA 0 - 20 Vc.c., 0 - 2,5 A (UK 677)

Se l'alimentatorino che ho appena descritto consente di eliminare le pile una volta per tutte, non è certo idoneo a soddisfare tante diverse esigenze che si presentano in un laboratorio; difatti, per provare certi apparecchi può essere necessaria una tensione di 3 V, e per altri possono servire 18-20 V. Inoltre, allorché si ha a che fare con un sistema trasmittente, o un amplificatore, o un lampeggiatore di potenza, occorrono delle intensità più forti di quelle erogabili dal semplice alimentatore a tensione fissa: per esempio 2A.
Chiunque non voglia limitarsi all'elaborazione di circuiti ultrasemplici, necessita quindi di un amplificatore "master" (generale) dotato di una tensione d'uscita variabile in un ampio arco di valori, ma stabilizzata punto per punto, capace di offrire correnti anche piuttosto forti. Per essere veramente efficace, l'apparecchio deve avere delle caratteristiche stringenti di tipo professionale; una regolazione sul carico dell'ordine del 15%, un ronzìo residuo trascurabile, pochi mV, la protezione integrale contro i cortocircuiti e simili.
Tratterò ora appunto un alimentatore che offre tutte le caratteristiche richiamate, e che non solo si adatta al laboratorio dello sperimentatore, ma anche al centro di servizio tecnico, o addirittura all'impiego negli istituti d'insegnamento e di ricerca.
Il lettore forse penserà che uno strumento del genere è allora un pò "lussuoso", ma devo dire che conviene sempre cominciare *bene*. In altre parole, l'esordiente, non deve caricarsi di strumenti dell'utilizzazione dubbia o infrequente, di apparecchiature che può sfruttare solo in parte, ma deve accentrare i propri sforzi nel tentativo di procurarsi magari pochi ausili di lavoro, ma quelli affidabilissimi, ad alte prestazioni, realizzati in modo da poter durare per anni senza dar problemi di sorta. Tale é questo alimentatore.
A parte la sua solidità, a parte le eccellenti caratteristiche generali, l'ho scelto tra i suoi simili perché ha una dote insolita, la tensione minima che può essere regolata anche al di sotto dei 2,5 V limite usuale per dispositivi analoghi. Può parere un dettaglio secondario, questo, ma non certo a chi ha già lavorato con i diodi Tunnel, per esempio, o i diodi Lambda (sistemi oscillatori formati con due FET connessi in antiparallelo), o i circuiti che debbono funzionare alimentati con pile solari, o con gli orologi elettronici da polso, gli otofoni, i calcolatori LCD. Sono veramente infinite le occasioni nelle quali serve una tensione più bassa di 2,5 - 3 V, ed il lettore

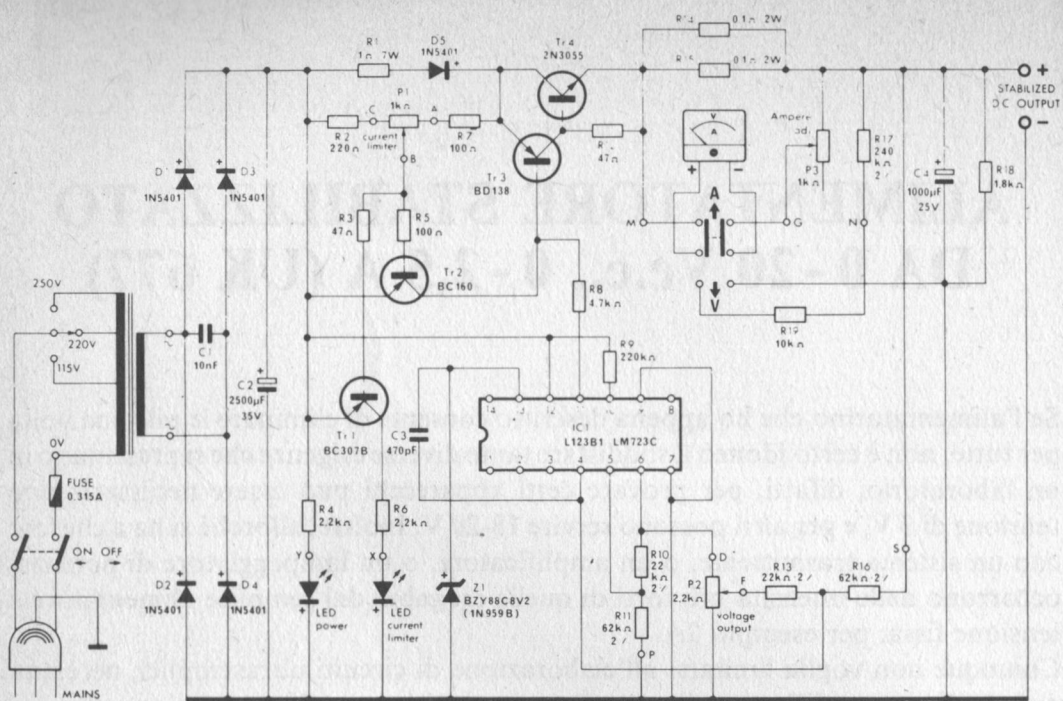



Figura 32. Circuito elettrico dell'alimentatore semiprofessionale dalla tensione d'uscita variabile.

non deve considerare solo i lavori che intende svolgere nei prossimi mesi, ma anche quelli che potrà affrontare allorché le sue conoscenze saranno più ampie. La realizzazione di un alimentatore variabile delle prestazioni ridotte nella immediata presunzione di costruirne uno migliore in seguito, è certamente erronea, perché conduce ad uno sciupìo di tempo e denaro.

Inoltre, gli alimentatori "arrangistici" non solo non servono in futuro, ma vanno anche *male subito*.

Ciò detto, non credo serva altro, ed allora possiamo analizzare lo schema elettrico, figura 32. Sembra un pò complicato? Niente paura, non v'é nulla di incomprensibile.

Andiamo per ordine. La tensione di rete, giunge al primario del trasformatore d'alimentazione tramite l'interruttore generale, il fusibile ed il cambiatensione che consente di scegliere tra 115 V, 220 V e 250 V per l'utilizzo nelle zone dove appunto sono in distribuzione questi valori.

Al secondario del trasformatore, i diodi da D1 a D4, che formano un ponte di Graetz, rettificano l'alternata; C1 serve come bypass per i segnali ad alta frequenza provenienti dalla rete. C2 provvede ad un primo livellamento della tensione rettificata, che poi attraversa R1 ed il diodo D5.

La caduta di tensione ai capi di questi due, è ovviamente proporzionale alla corrente che li attraversa, ma risulta stabile al variare della temperatura, perché sia la resistenza che il diodo hanno dei coefficenti contrari in questo senso. La tensione

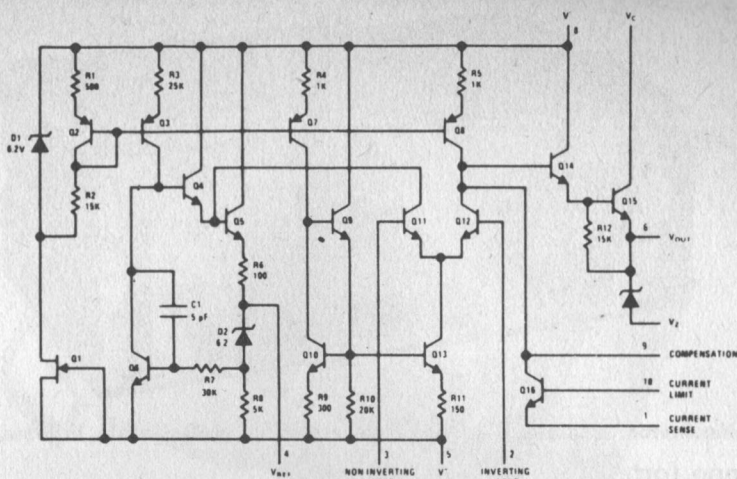



Figura 33. Circuito elettrico interno del regolatore LM723/C.

di riferimento, proporzionale alla corrente e regolata dal sistema R2-P1-R7, giunge alla base del TR2, che quando aumenta la corrente di collettore, diminuisce la polarizzazione del TR3, quindi aumenta la resistenza in serie alla corrente principale, che non può in ogni caso superare il limite impostato tramite il potenziometro P1.

Dal punto B del circuito, che corrisponde al cursore, si ricava anche la polarizzazione per la base del TR1 che conduce assieme al TR2 provocando l'accensione del LED "current limiter" o indicatore del sovraccarico all'uscita, quando circola una

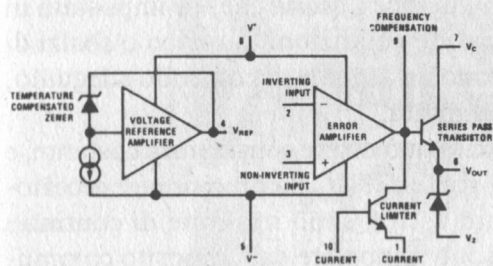



Figura 34. Sopra, circuito funzionale equivalente dell'IC, a lato, piedinatura e funzioni di ciascun terminale.

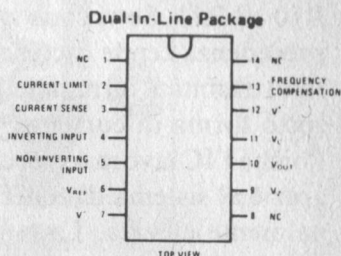
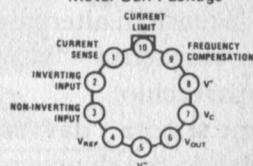



Figura 35. L'alimentatore montato. L'estetica è piacevolmente professionale, la robustezza notevole.

corrente troppo forte.
Il LED "power" al contrario è sempre acceso, perché costituisce la spia di messa in funzione ed è collegato praticamente in parallelo al C2.
I transistori TR3 e TR4 connessi in Darlington formano il regolatore-serie principale; in sostanza, operano similmente ad una resistenza dal valore che cambia automaticamente, salendo se la tensione all'uscita tende a salire, e viceversa. Il sistema che controlla la funzione, è IC1, il noto regolatore di tensione-serie LM723C, che comprende un circuito generatore campione, un amplificatore della tensione di riferimento, un amplificatore della tensione-errore che risulta dalla comparazione, un limitatore di corrente ed uno stadio finale: figura 33, e figura 34.
L'integrato preleva il campione del valore presente all'uscita tramite il partitore di precisione R13-R16-P2, e lo compara con quello presente al punto di unione tra R10 ed R11. Se vi sono necessità di correzioni, perché l'uscita che si è impostata in precedenza tende a crescere o a calare per mutate condizioni di carico o sbalzi di rete, tramite il terminale 11, TR3 e TR4 ricevono un segnale di controllo adeguato, sotto forma di corrente, o più ampia o più limitata.
Poiché l'IC lavora a velocità elevatissima, l'uscita può essere considerata costante, e grazie al sistema di zener compensato che fa parte dell'IC, la precisione è eccezionalmente elevata. La tensione e la corrente in uscita, sono misurate di continuo tramite lo strumento V/A, e le relative scale sono impostate dall'apposito commutatore. Le resistenze R14 ed R15 formano la shunt per le misure di corrente, mentre il potenziometro trimmer P3 permette la taratura di precisione relativa.
La resistenza R17 serve per la misura in V.
All'uscita dell'alimentatore, il C4 serve da spianatore ed al tempo stesso da filtro per le tensioni alternate ad alta e bassa frequenza che giungessero dal carico. R18 è una resistenza "bleeder" che scarica rapidamente C4 quando si spegne l'apparecchio.
Come si nota , davvero nulla è lasciato al caso!
Parlando ora di assemblaggio, come si vede nelle fotografie delle figure 35 e 36, il complesso si presenta molto solido, ed ha un aspetto professionale, grazie anche alle comode maniglie di trasporto.

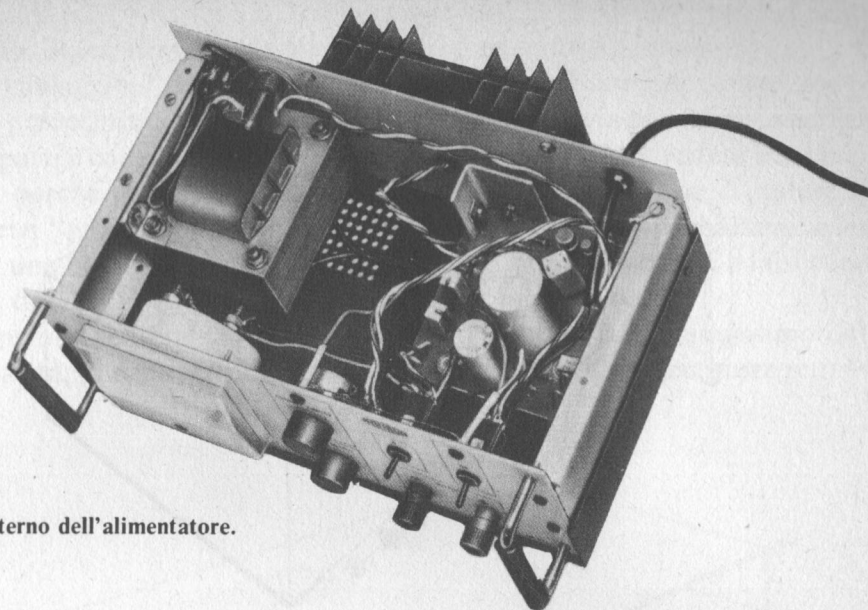



Figura 36. Interno dell'alimentatore.

Nella figura 37 appare il circuito stampato che comprende tutte le parti che costituiscono il regolatore, beninteso meno i controlli che trovano posto sul pannello anteriore del mobile metallico. Il trasformatore d'alimentazione che data

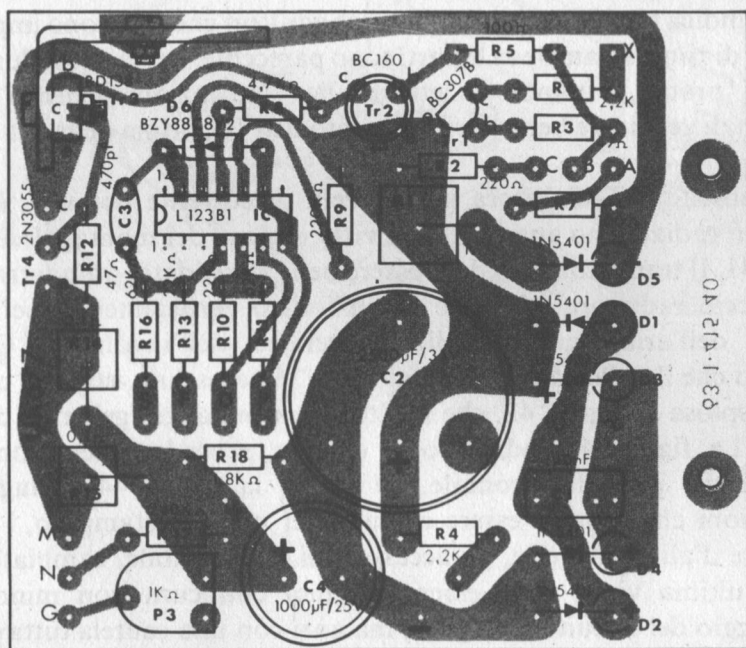



Figura 37. Circuito stampato completo del sistema regolatore. Il transistore TR4, dovendo impiegare un dissipatore molto importante, è esterno al pannello; così ovviamente il trasformatore d'alimentazione che ha un notevole peso. I vari controlli sono disposti sul pannello.

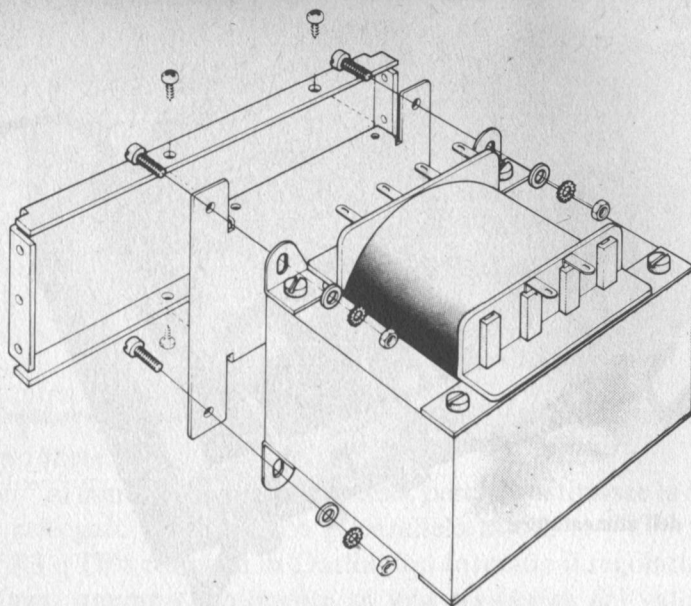



Figura 38. Montaggio dettagliato del trasformatore d'alimentazione su di una delle fiancate dell'involucro.

la potenza ha un certo peso, è montato all'interno del contenitore come si vede nella figura 38 e nella figura 39.
La figura 40 indica tutti i terminali dei semiconduttori che si devono impiegare, ed il montaggio è di routine, anche se le parti sono parecchie. Per la procedura esatta ed i vari consigli pratici, rimando il lettore alle "indicazioni generali"precedenti. Raccomando di verificare bene l'orientamento dell'IC, prima della sua inserzione e saldatura.
Poiché il transistore TR3 lavora già a livelli di corrente notevoli, è necessario munirlo di un radiatorino angolare, e la vista esplosa del montaggio è dettagliata nella figura 41. Il transistor TR4 deve essere ben raffreddato, quindi trova posto su di un massiccio radiatore ad alette che è fissato verticalmente (per favorire la circolazione dell'aria) sul pannello posteriore dell'involucro. Ovviamente, considerando che il collettore fa capo al "case" è necessario isolarlo, come si vede nella vista esplosa di figura 42, che mostra l'assemblaggio generale del pannello retrostante. La figura 43 indica come si deve procedere per montare tutti i complementi del pannello frontale, ed infine la figura 44 dettaglia tutte le interconnessioni che devono essere eseguite per unire lo stampato, i controlli, il trasformatore d'alimentazione, gli accessori di rete (fusibile, cambiatensione).
La filatura ultima vista, deve essere eseguita con cura non minore rispetto all'assemblaggio del circuito stampato, ma anzi con una cautela tutta particolare, portando ciascun conduttore da un punto all'altro, e riscontrando sulla pianta che i terminali corrispondono, magari ritracciando il disegno dei fili con una matita colorata. Una pessima procedura di lavoro, sconsigliabilissima, è quella di

collegare due o tre fili da un lato (mettiamo la basetta generale) e poi di portarli ai controlli vari. Raccomando di sistemare *una connessione per volta.*
Ultimato il cablaggio, l'alimentatore deve essere minuziosamente controllato come ho detto in precedenza, ma se possibile, con vera e propria pignoleria, visto che vi sono tante parti e collegamenti e dettagli. Consiglio anche di rivedere bene la parte meccanica, perché non vi è nulla di più seccante, nell'impiego,di notare che i potenziometri "girano sotto alla manopola" o che i serrafili traballano, o simili. Tra l'altro, una meccanica scadente, in breve non può che portare a falsi contatti, anticamera del fuori uso permanente.
Se ogni controllo sembra davvero esauriente, se non vi è il minimissimo dubbio circa le polarità, la disposizione dei conduttori, i valori, l'alimentatore può essere collaudato.

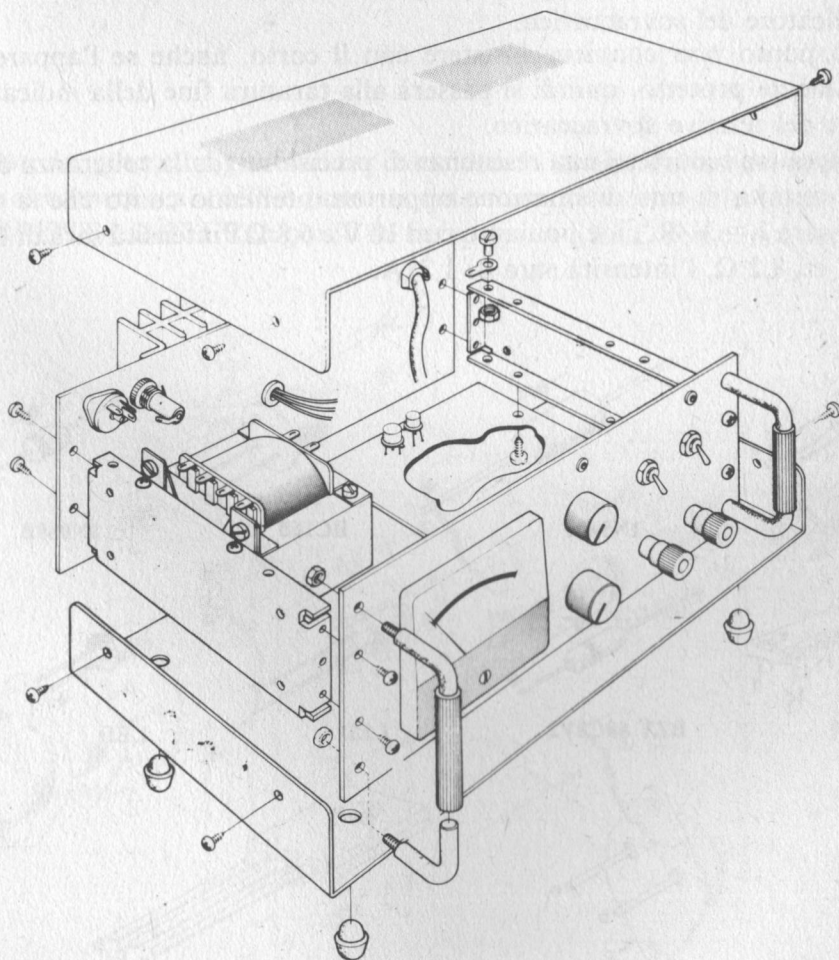



Figura 39. Altra vista del montaggio del trasformatore d'alimentazione, sulla sinistra dell'apparecchio osservando il pannello. In questo disegno "esploso" si osservano anche altri particolari meccanici degni di nota ai fini dell'assemblaggio generale.

Prima di tutto, ovviamente, ci si deve accertare che il cambiatensione sia fine alla rete disponibile. Portando su ON l'interruttore generale, si deve accendere il LED verde, spia di accensione. Se il commutatore di lettura è regolato per le tensioni, ruotando il potenziometro VOLTAGE OPTUT (P2) in senso orario, si vedrà che la tensione sale fino a 20 V.

Con questa prova, si può essere certi che non vi siano errori grossolani nel montaggio, il che può essere senza dubbio un vanto, per chi in precedenza aveva costruito solo circuitini a uno-due transistor o simili. Ora, portando il commutatore A/V su A, ovvero predisponendo lo strumento per la lettura delle intensità, si girerà il potenziometro *current limiter* (P1) completamente in senso antiorario. Ponendo in corto i serrafili "+" e "—" e spostando leggermente il potenziometro "all'indietro" ovvero in senso orario, si vedrà che la corrente indicata dallo strumento salirà gradualmente sino a 3A mentre si accenderà il LED rosso indicatore del sovraccarico.

A questo punto non conviene insistere con il corto, anche se l'apparecchio è completamente protetto, quindi si passerà alla taratura fine della indicazione in corrente e del relativo sovraccarico.

Si collegherà tra i morsetti una resistenza di precisione (dalla tolleranza del 5% o migliore) munita di una dissipazione opportuna, tenendo conto che la corrente assorbita sarà I = V/R; cioé poniamo con 10 V e 6,8 Ω l'intensità sarà di 1,47 A, e con 10 V ed 8,2 Ω, l'intensità sarà di 1,21A.

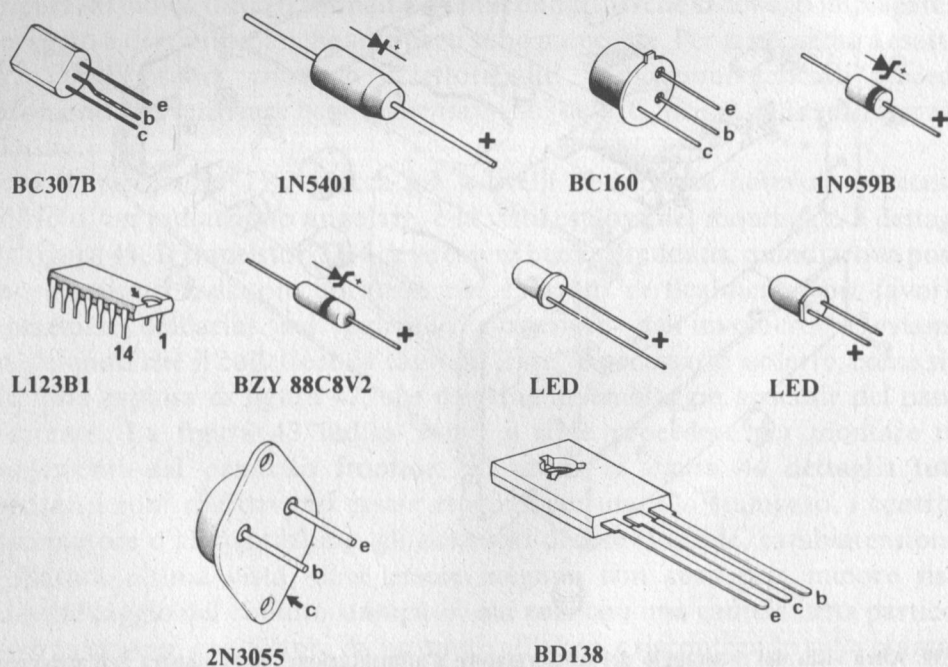



Figura 40. Terminali di tutti i semiconduttori impiegati.

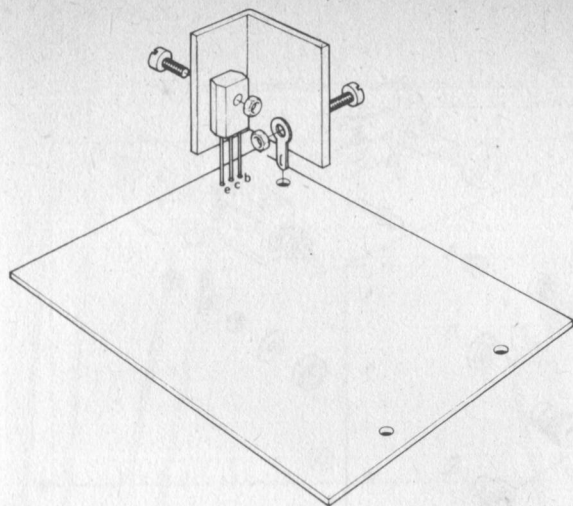



Figura 41. Fissaggio del TR3 (montato nel pannello generale di figura 38) sul relativo radiatore.

Con valori del genere, in grado di far coincidere la lettura dell'assorbimento con le tacche a circa metà scala dell'indicatore, si darà corrente e si regolerà il potenziometro CURRENT LIMITER in modo da far spegnere il LED rosso. A questo punto,

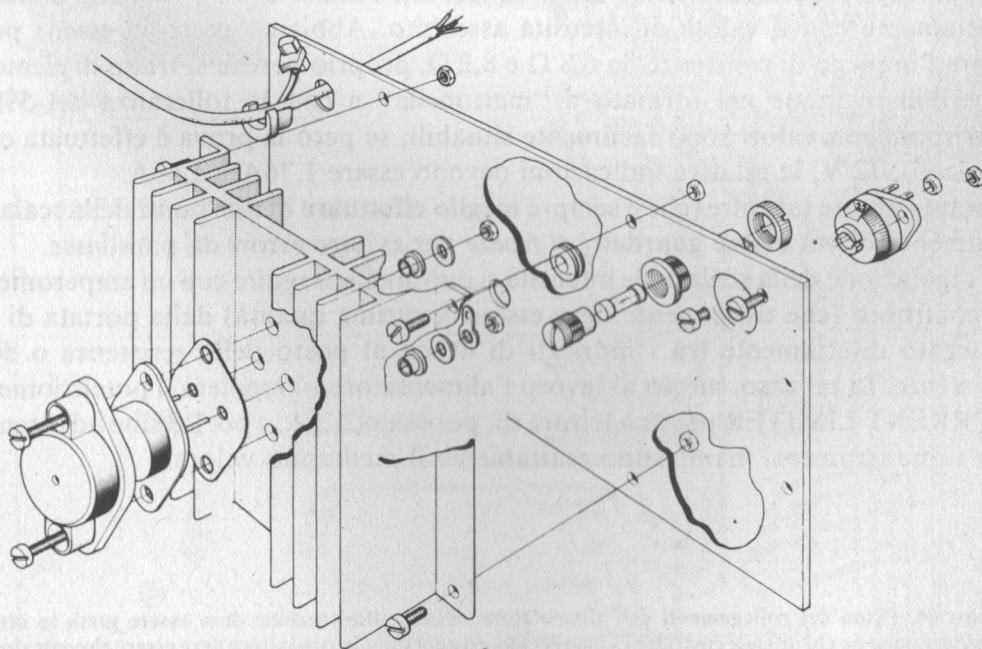



Figura 42. Assemblaggio generale del pannello posteriore dell'apparecchio. Si nota l'importante radiatore che raffredda il TR4 per consentire il funzionamento al massimo carico per lunghi periodi.

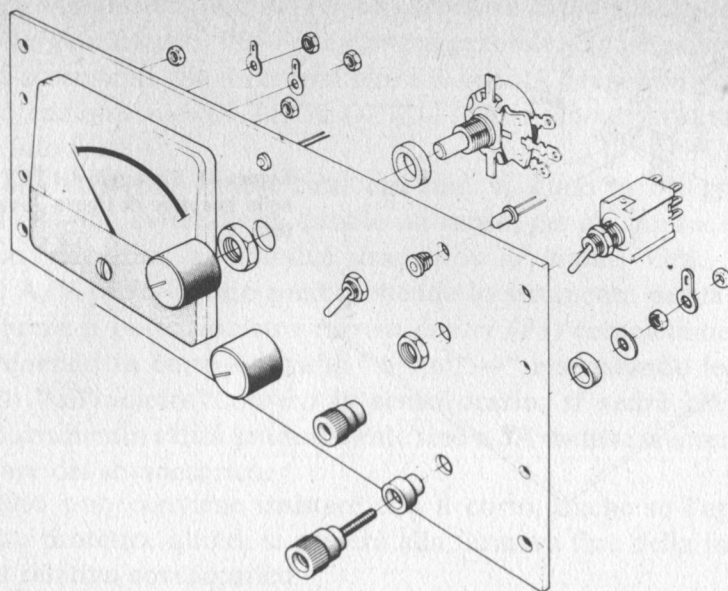



Figura 43. Montaggio di tutte le parti necessarie a completare il pannello frontale.

con un cacciavite si ruoterà P3 in modo tale che l'indice dello strumento coincide esattamente con il valore di intensità assorbito. Abbiamo preso in esame poco sopra l'impiego di resistenze da 6,8 Ω e 8,2 Ω, proprio perché si tratta di elementi reperibili ovunque nel formato a "mattonella" e con la tolleranza del 5%. I corrispondenti valori sono facilmente situabili; se però la prova è effettuata con, poniamo, 12 V, le relative indicazioni devono essere 1,76A e 1,46A.
Durante queste tarature (che è sempre meglio effettuare in due punti della scala) lo strumento dovrà essere guardato *di fronte* per evitare errori da parallasse.
La regolazione della scala delle intensità si può anche eseguire con un amperometro di confronto (che ovviamente deve essere di ottima qualità) dalla portata di 5A collegato direttamente tra i morsetti di uscita al posto della resistenza o delle resistenze. In tal caso, messo al lavoro l'alimentatore, si regolerà il potenziometro CURRENT LIMITER per una lettura di, poniamo, 1,5A, e poi R3 sino ad ottenere che i due strumenti manifestino esattamente il medesimo valore.

Figura 44. Piano dei collegamenti dell'alimentatore. Questa illustrazione deve essere presa in ottima considerazione da chi intende costruire l'apparecchio, ed ogni singolo conduttore deve essere riscontrato con la massima attenzione, dal "punto di partenza" a quello "d'arrivo". In caso che vi sia il minimo dubbio, le tracce dei collegamenti devono essere ripassate con una matita rossa-blu, comparando la pianta disegnata al montaggio. È necessario rispettare le polarità dell'indicatore, e dei LED. Le connessioni al trasformatore di alimentazione devono essere eseguite con particolare attenzione, pena il fuori uso dell'apparecchio al primo azionamento.

0V
115V
220V
250V
p
b
e
c
BC160
BC307B
BZY88C6V2
L123B1
IC1
1N5401
2500 µF/35V
C2
C1
R1
R2
R4
R5
R7
R9
R13
R15
R18
R19
10K
D
F
A
B
C
M
N
G
n
m
o
X
Y

ELENCO COMPONENTI

R1	Res. a filo 1 Ω ± 10% 7 W vert.
R2	Res. str. carb. 220 Ω ± 5% 0,33 W
R3-R12	Res. str. carb. 47 Ω ± 5% 0,33 W
R4-R6	Res. str. carb. 2,2 Ω ± 5% 0,33 W
R5-R7	Res. str. carb. 100 Ω ± 5% 0,33 W
R8	Res. str. carb. 4,7 kΩ ± 5% 0,33 W
R9	Res. str. carb. 220 kΩ ± 5% 0,33 W
R10-R13	Res. str. carb. 22 kΩ ± 2% 0,33 W
R11-R16	Res. str. carb. 62 kΩ ± 2% 0,33 W
R17	Res. str. carb. 240 kΩ ± 2% 0,33 W
R18	Res. str. carb. 1,8 kΩ ± 5% 0,33 W
R19	Res. str. carb. 10 kΩ ± 5% 0,33 W
R14-R15	Res. a filo 0,10 Ω ± 10% 2 W
C1	Cond. Poliest. 10 nF ± 20% 630 V
C2	Cond. elettr. 2500 µF 35 V M.V. Ø24 x 48
C3	Cond. cer. dis. 470 pF ± 20% 50 V
C4	Cond. elettr. 1000 µF 25 V M.V. Ø18 x 31
P1	Pot. 1 kΩ A - 0,5 W LIN.
P2	Pot. 2,2 kΩ A - 0,5 W
P3	Trimmer 1 KΩ A - 0,2 W
Tr1	Trans. BC 307 B
Tr2	Trans. BC 160
Tr3	Trans. BD 138
Tr4	Trans. 2N3055 Gruppo 5 (BD 130)
D1 ÷ D5	Diodi 1N5401
D6	Diodo Zener BZY 88C8V2 (1N959 B)
IC1	Cir. Integr. L123 B1 (LM723C)
1	Zoccolo per integrato
17	Ancoraggi per C.S.
1	Diodo LED TIL209 rosso con ghiera
1	Diodo LED TIL211 verde con ghiera
	Strumento 100 µA con scala P. 14152
1	Serrafilo nero
1	Serrafilo rosso
2	Microdeviatori
1	Staffa di fissaggio trasformatore

22	Viti autof. Ø 2,9 x 6,5 T.C. Tg. Cro. Brun.
13	Viti Fe Acc. Nic. M3 x 6 T.C. Tg. cacc.
4	Rondelle elastiche Ø 3,2 x 6
2	Vite Fe Acc. Nich. M3 x 14 T.C. Tg. Cacc.
15	Dadi esag. acc. nich. M3
6	Rondelle piane Ø 3,2 x 8 x 0,5
3	Terminali ad occhiello Ø 3,2 x 15
4	Terminali ad occhiello Ø 6,2 x 15
2	Dist. per potenz. Ø 15 x 4
cm. 40	Trecciola isol. 6 colori Ø 0,35 mm
cm. 10	Filo stagnato rigido nudo Ø 0,8 mm
cm. 5	Tub. Sterling Ø 3 mm
1	Trasf. alimentaizone
1	Circuito stampato
1	Dissipatore per BD138
1	Dissipatore per 2N3055
1	Fermacavo
1	Cordone rete
1	Cambiatensione
1	Portafusibile
1	Fusibile 0,315A Ø 5 x 20 semiritardato
2	Manopole Ø 17,5 con indice bianco
1	Copritransistore
1	Mica per transistore
2	Isolatori per transistori
1	Pannello posteriore
1	Pannello frontale
2	Fiancate
1	Coperchio
1	Fondello
4	Piedini
2	Maniglie in plastica
4	Dadi esag. Acc. Nich. M4
1	Gommino passacavo
4	Angolari cromati per maniglia
1	Confezione stagno

MILLIVOLTMETRO-VOLTMETRO DIGITALE (KS 420)

Una volta che si disponga di alimentatori assolutamente affidabili, per far funzionare vari elaboratori che interessano, l'attenzione può essere spostata sui sistemi atti a condurre le misure di tensione, intensità, resistenza. Un tempo, realizzato l'alimentatore si passava subito al classico tester, ma io ritengo che oggi questo strumento sia alquanto sorpassato, e non più adatto all'elettronica odierna. Anzi, dirò così; per misure dove la precisione interessa sino ad un certo punto (e ve ne sono molte, nella routine giornaliera) il tester può anche essere impiegato, ma se si vogliono vedere dei valori "veri", allora non serve. Ho già criticato il tester in tanti articoli, che l'idea di ripetere ancora le solite cose mi frustra un poco; riassumerò allora dicendo che la prima causa dell'imprecisione di questo strumento è la sua bassa resistenza d'ingresso, che "shunta" il circuito misurato caricandolo. In altre parole, non si vedono i valori effettivamente presenti, ma quelli che intervengono dopo l'applicazione del multimetro. Ciò è vero particolarmente per le misure di tensione, ma anche per le correnti e le resistenze le cose non vanno molto meglio perché lo stesso indicatore produce delle letture imprecise, in quanto i sistemi a bobina mobile non sono lineari, possono essere influenzati dai campi magnetici esterni ed infine la loro scala non si presta a letture minuziose (per esempio è mai possibile misurare 289 mA sulla portata "per 500 mA" ?). Aggiungerò ancora che poiché i multimetri hanno più scale ravvicinate, è facile confonderle se si ha fretta e se si seguono delle ipotesi mentali, e vi sono dei notevoli errori da parallasse. Se non basta, dirò che in condizioni di luce non ottimali le letture sono difficilissime, e che, come tutti sanno, se si sbaglia scala, l'indicatore sovente si guasta, perché i fusibili s'interrompono in un tempo eccessivo, e i diodi che dovrebbero proteggere la bobina mobile, se sollecitati oltremodo, si aprono, quindi non tutelano più nulla. Chi possiede un classico multimetro ad indice deve quindi gettarlo via scandalizzato? No, no di certo, perché la più estrema precisione nelle letture, lo ripeto, non è sempre indispensabile; nella praticaccia di ogni giorno nulla impedisce d'impiegarlo: quante volte un ohmmetro serve semplicemente da provacircuiti? Ciò non toglie però che, come dicevo, il multimetro analogico abbia fatto il suo tempo.
Per questa ragione, evito di descriverne uno, e passo direttamente alla misura digitale.
Poiché come abbiamo visto, la maggiore inesattezza del tester si riscontra nelle

portate voltmetriche, tratterrò un millivolmetro-voltmetro che può integrarlo, se il lettore desidera di contenere le spese per quanto possibile.
Lo strumento accoppia la precisione ottenibile con le tre cifre ad un prezzo moderatissimo, ed offre le seguenti letture a fondo scala: +999 mV (—99 mV); 9,99 V; 99,9 V; 999 V.
L'impedenza d'ingresso rimane sempre nell'ordine di 1 MΩ, quindi non significante quale che sia la prova che si vuole condurre, e la linearità è di +/— 1 conteggio.
La lettura può essere eseguita anche al buio (!) visto che il display è del tipo a LED e la robustezza meccanica è eccellente.
Com'é ovvio, in questo caso i campi magnetici non hanno la minima influenza sulla precisione, e se si sbaglia scala, anche grossolanamente, non v'é nulla che si bruci o si deformi meccanicamente; sul display interviene solamente l'indicazione "EEE", che significa *errore* e che invita ad una maggior prudenza.
Solo pochi anni addietro, uno strumento del genere sarebbe stato complicatissimo, ma grazie all'integrazione a larga scala (LSI), oggi al contrario con un paio d'integrati ed una manciata di altre parti si risolve tutto.
Il che lo conferma il circuito elettrico del millivoltmetro-voltmetro, figura 45. In pratica, IC1 ed IC2 compiono tutte le funzioni più importanti che si richiedono ad un misuratore digitale; l'amplificazione del segnale a doppia rampa, l'elaborazione

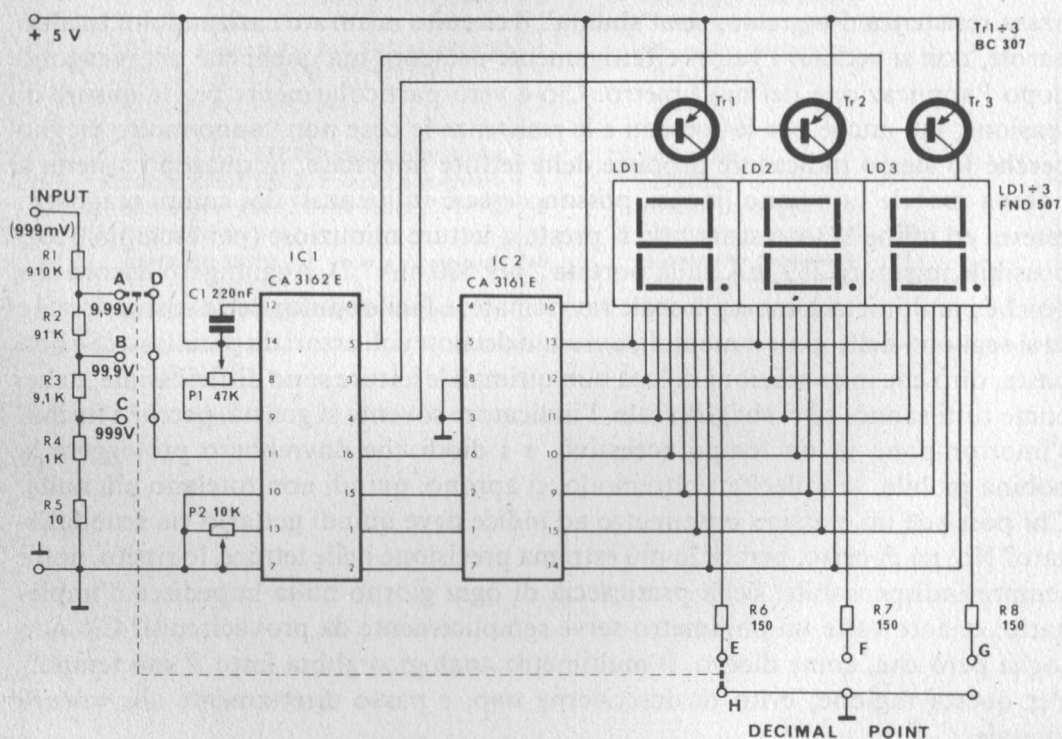



Figura 45. Circuito elettrico del millivoltmetro-voltmetro digitale.

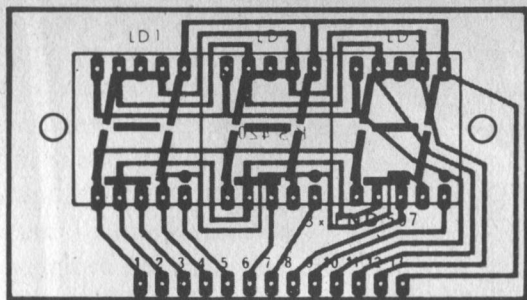



Figura 46. Circuito stampato-display.

di un valore-campione di riferimento indipendente dalla temperatura con il quale si effettuano continui paragoni, il clock per il sistema di conteggio, il conteggio medesimo, la decodifica per il display a sette segmenti.

Ben poche, sono le parti da aggiungere esternamente: C1 serve per completare il circuito integratore, P1 per stabilizzare l'azzeramento, e P2 per calibrare il fondo-scala. I transistori TR1, TR2 TR3 servono come interfaccia verso il display perché gli integrati non sopportano la corrente richiesta dai LED, ed evidentemente vi è un partitore all'ingresso (da R1 a R5) che stabilisce le portate. Le resistenze da R6 e R8 limitano la corrente che circola nei punti decimali quando sono posti in ciruito dalla connessione a massa dei punti E, F, G.

Poiché illustrare l'interno degli IC sarebbe impresa disperata e inutile, visto che una descrizione del genere potrebbe interessare solamente gli esperti di integrazione a larga scala (!) mentre richiederebbe come spazio circa la metà delle pagine del manuale, passo direttamente al montaggio dello strumento, che invece ha una utilità concreta.

Come si nota, le basette stampate da impiegare sono due, una per il display ed un'altra per tutto il sistema di misura. Si completerà per prima la basetta-display (figura 46) montando gli enumeratori FND 507. Poiché anche questi hanno i contatti simmetrici, per non errare nell'inserzione, si curerà di direzionare i punti decimali verso il connettore "a pettine" realizzato sul lato basso. Per le saldature, valgono le medesime precauzioni che si devono seguire lavorando con gli IC.

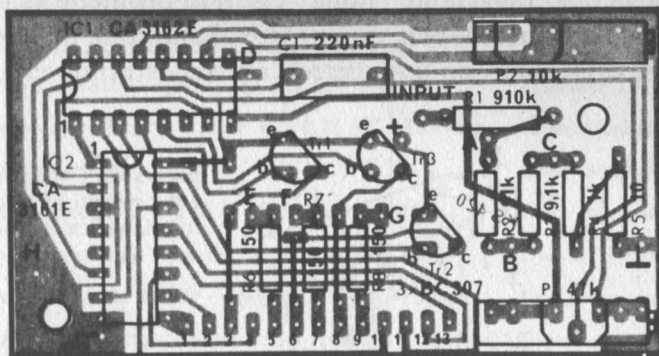



Figura 47. Circuito stampato che comprende tutte le parti del sistema di misura.

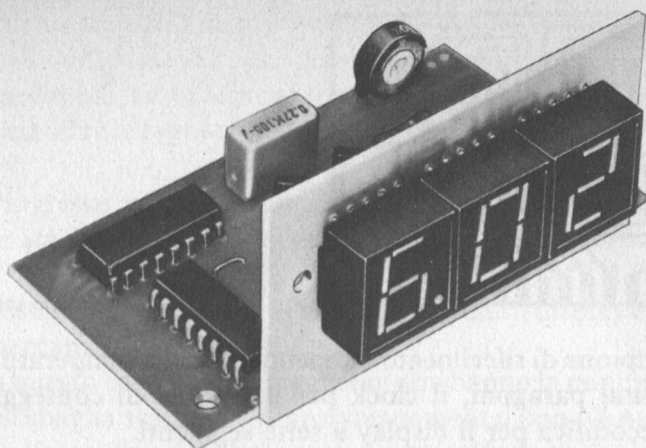



Figura 48. Il millivoltmetro-voltmetro completo, al termine del montaggio.

Sullo stampato del sistema di misura (figura 47) si effettueranno i ponticelli in filo e poi si procederà al completamento con le resistenze fisse, il condensatore, i transistori, i trimmer potenziometrici e gli integrati.
I due pannellini devono essere prima controllati, quindi riuniti tramite una serie di spezzoncini di filo rigido che collegheranno i punti che hanno la numerazione eguale sulla basetta di conteggio e sul display. Poiché quest'ultimo è molto leggero, i fili sono sufficienti ad assicurare una buona rigidità meccanica. Il tutto ora si presenterà come si vede nella figura 48.
Per un ulteriore controllo, raccomando di osservare con attenzione le figure 46, 47, e 49, paragonandole al montaggio.
Non è mai bene alimentare un sistema digitale complesso se non si è strasicuri della sua perfezione, perché a causa dell'interdipendenza diretta dei diversi settori operativi, possono accadere i temibilissimi guasti concatenati che si ricordano con orrore per lustri; ancora una volta parlo per cognizione di causa. Quattro anni fa misi le mani su uno dei primi microprocessori, allora disponibili sebbene a prezzi da petroliere, lo completai di interfaccia I/O, di memoria, di display, diedi tensione, e visto che succedeva quel raggelante "nulla" che non promette alcunché di buono, mi diedi alla ricerca del guasto. Beh, non ne trovai uno solo, ma con mio crescente orrore, i guasti si evidenziarono uno dietro l'altro mostrando una strage di semi-

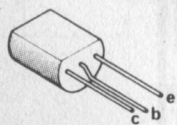
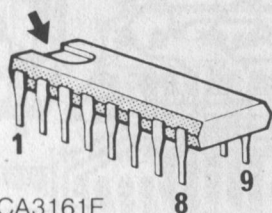



Figura 49. Collegamenti dei transistori e dei circuiti integrati che si usano. La freccia indica i terminali 1 e 16 degli IC.

conduttori che era derivata da una causa imprevedibile e banalissima: un cortocircuito in un regolatore a tre terminali!
Questa esperienza dovrebbe far riflettere ...
Se comunque il montaggio si mostra assolutamente privo di errori (*assolutamente*: mi si scusi la ripetizione), lo si alimenterà con il dispositivo descritto nel terzo capitolo. Se il lettore non avesse ritenuto opportuno realizzarlo, potrebbe impiegare l'alimentatore a tensione variabile regolato per 5 V esatti, e proprio nel peggiore dei casi, due pile rettangolari da 4,5 V connesse in parallelo.
Per verificare l'azzeramento, tramite un cavallotto munito di coccodrilli, si porterà al negativo generale il punto D, e si ruoterà il P1 sino a che il display indica appunto "000". Per calibrare il fondo scala, serve una tensione di 999 mV che può essere ottenuta sia dall'alimentatore a tensione variabile descritto in precedenza (anche in questo caso si manifesta l'utilità del ricavo di tensioni basse stabili) o da una pila al Mercurio munita di un partitore di tensione collegato in parallelo, che può anche essere rappresentato da un semplice potenziometro a filo da 1.000 Ω, da regolare in unione ad uno strumento già tarato.
Sicuri che la tensione-guida sia valida, la si applicherà all'ingresso, e si regolerà il P2 per poter leggere appunto "999". Ora, se il valore è aumentato sino a, diciamo, 1,2 V, sul display deve apparire immediatamente la scritta "EEE".
A questo punto, si può ultimare lo strumento con il cablaggio delle resistenze di precisione che costituiscono il partitore d'ingresso ed un commutatore rotante che abbia quattro posizioni e due vie (la seconda via serve per spostare il punto decimale) e poi si potrà inscatolare lo strumento in un contenitore metallico dalla linea adeguata. L'ingresso sarà costituito da un bocchettone coassiale a 1.000 V di isolamento massimo, oppure da due prese con quella positiva ad alto isolamento.
Con il voltmetro così completato, si possono eseguire varie misure. Paragonando i display ottenuti alle letture offerte da un tester, il lettore potrà rendersi subito conto di come il multimetro erra, specie se le prove sono condotte anche su circuiti ad alta impedenza, come quelli di CAV (controlli automatici della sensibilità nei radioricevitori), o sostemi di polarizzazione per FET, o elementi di carico dei MOS o simili.

ELENCO COMPONENTI

R1	Res. a strato metallico 910 k Ω ÷ 2% 0,5 W	P2	Trimmer 10 kΩ
R2	Res. a strato metallico 91 k Ω ÷ 1% 0,25 W	TR1-2-3	Transistori BC 307
R3	Res. a strato metallico 9,1 k Ω ÷ 1% 0,25 W	IC1	Circ. integrato CA 3162E
R4	Res. a strato metallico 1 k Ω ÷ 1% 0,25 W	IC2	Circ. integrato CA 3161E
R5	Res. a strato metallico 10 k Ω ÷ 1% 0,25 W	LD1-2-3	Display FND 507
R6-7-8	Res. a strato di carb. 150 Ω ÷ 5% 0,25 W	100 cm.	Filo rame stagnato ∅ 0,5
C1	Cond. poliest. metallizz. 220 nF ± 5% 100 V	1	Circuito stampato base
P1	Trimmer 47 k Ω	1	Circuito stampato display

MULTIMETRO DIGITALE COMPLETO (UK 428)

Il voltmetro-millivolmetro che ho appena descritto, ha un solo svantaggio; appunto quello di poter eseguire solamente misure di tensione. Anche se, come si è visto, può essere utilizzato con il multimetro analogico per le prove più critiche, in tal modo si ha pur sempre un sistema di misura che è "dispari" nelle prestazioni.

Per poter dire che si è in grado di effettuare misure *precise* per qualunque scala e funzione, si deve disporre di un *multimetro digitale*.

Beh, ammettiamolo, questo tipo di strumento, sembra un pochino "esagerato" per chi non è un professionista dell'elettronica, ma tale concetto, discende più che altro dalle cognizioni che la maggioranza ha sui "digitest" prodotti e distribuiti negli anni scorsi. Questi sì, che erano "esagerati": prima di tutto nel prezzo, proibitivo per la massa. L'elettronica digitale però compie i suoi passi impiegando gli stivali

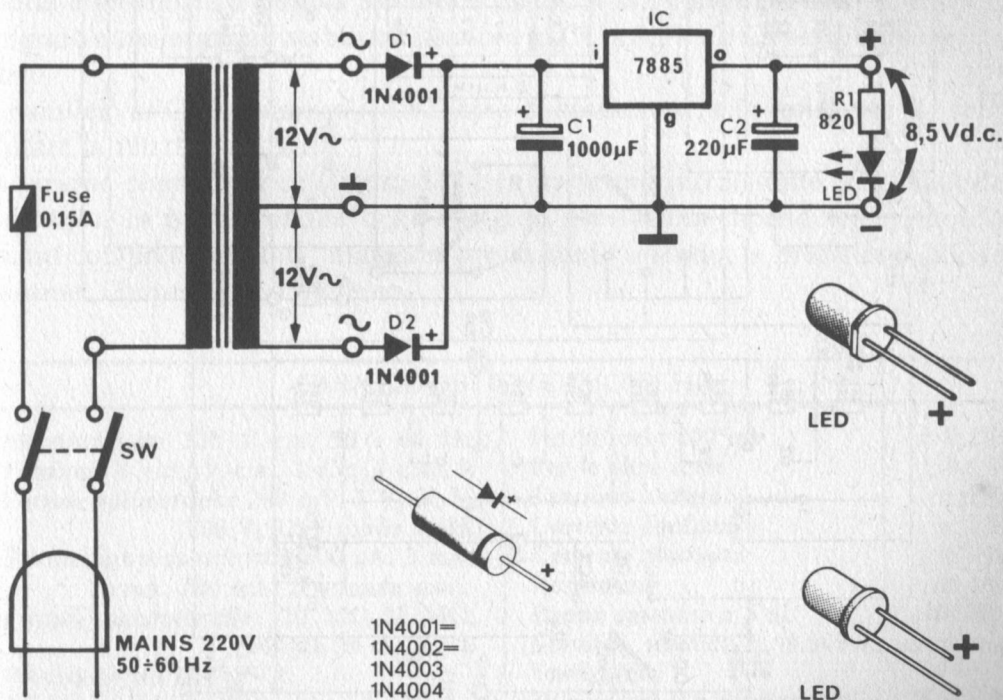



Figura 50. Alimentatore generale del multimetro digitale.

SWITCH B	V DC/AC	A DC/AC	Ω
1	200mV	200µA	20 MΩ
2	2V	2mA	2MΩ
3	20V	20mA	200KΩ
4	200V	200mA	20KΩ
5	1KV	2A	2KΩ

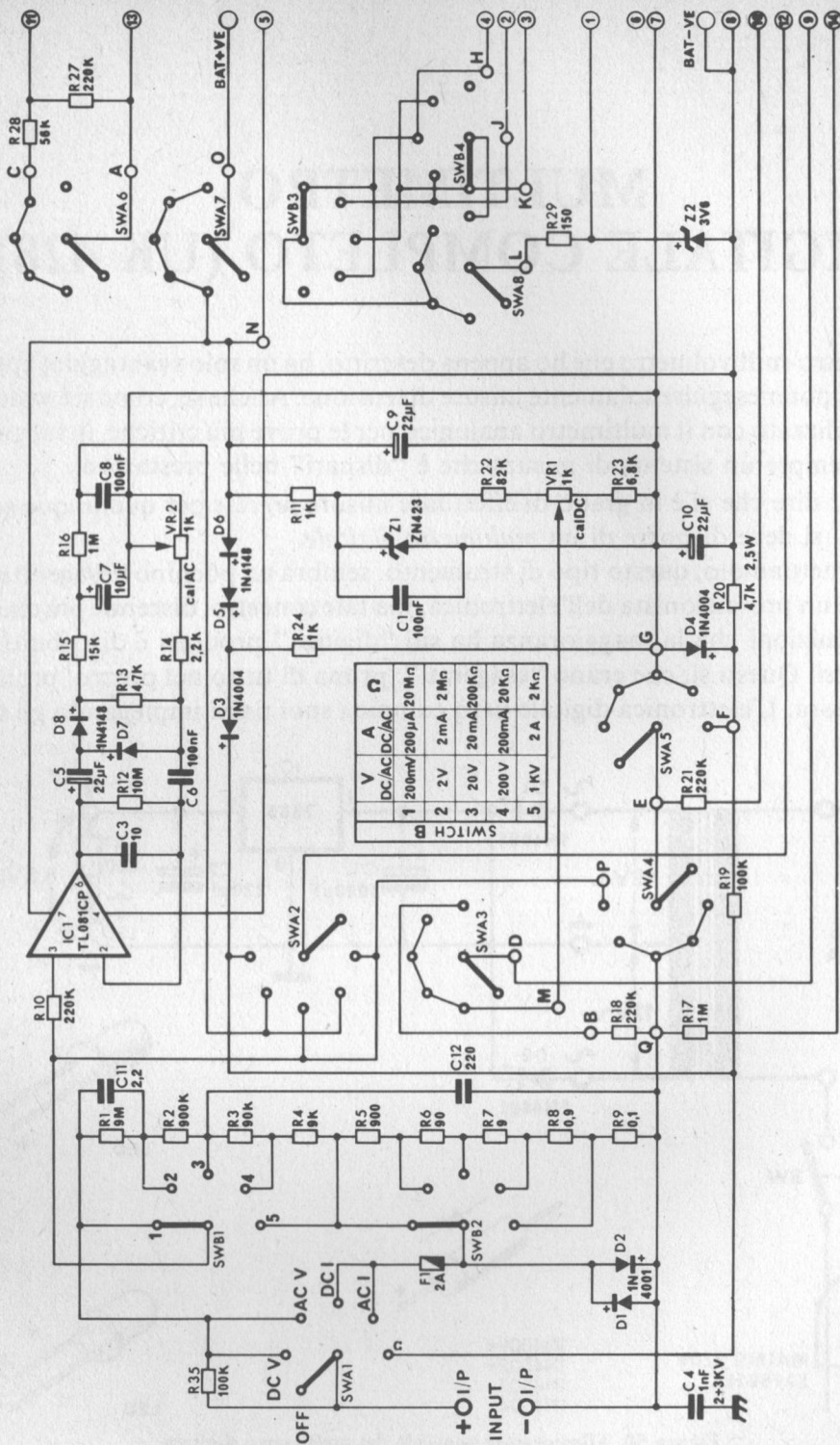



Figura 51. Settore di commutazione dello strumento.

dalle sette leghe di fiabesca memoria, e così come il calcolatore tascabile non è più un lusso sfrenato per gli scolari, così come l'orologio-sveglia digitale è divenuto comunissimo anche nelle case di coloro che non sono precisamente ricchi, così altrettanto l'ultimissimo multimetro digitale oramai ha raggiunto livelli di prezzo tali da non spaventare, se in kit, ed una semplicità che se è pur sempre relativa, incoraggia gli autocostruttori.
Come vedremo tra poco, per assemblare uno strumento del genere, non occorre che una buona attenzione, molta pazienza, un briciolo di abilità manuale, e nel nostro caso, non si tratta certo di un esemplare della specie ridotto ai minimi termini, con poche portate o una precisione scarsa, ma di un "digimeter" perfettamente paragonabile a quelli di produzione industriale, come si evince dalle "Caratteristiche tecniche".
Certo, non si deve pensare che questo sia il montaggio "per una serata sola"; occorre frazionare il lavoro oculatamente, procedendo per settori: in questo si è peraltro facilitati dal fatto che lo strumento, appunto, prevede assiemi diversi che possono essere completati e riscontrati ciascuno a sé.
Ma vediamo il circuito elettrico, e potremo renderci meglio conto di come è progettato il tutto. Le relative figure sono le 50, 51, 52, quindi, di base, il multimetro può essere diviso in tre sezioni: l'alimentatore, la commutazione, il millivoltmetro.
L'alimentatore è molto simile a quello visto per usi generici in precedenza; è formato dal trasformatore che preleva la tensione a 220 V dalla rete tramite il doppio interruttore ed il fusibile, e l'abbassa a 12 + 12 V sul secondario. La tensione ridotta è rettificata a doppia semionda da D1 a D2 e livellata del C1. Il circuito integrato a tre terminali stabilizza il valore in CC a 8,5V e il C2 serve come secondo filtro.
In parallelo al C2 è connesso il LED spia di accensione, e la resistenza R1 serve a limitare la relativa corrente.
La sezione commutatrice (figura 51) è la parte più interessante e delicata dello strumento, in quanto molte delle maggiori prestazioni dipendono appunto dai circuiti compresi; per tali "maggiori prestazioni" intendo, la precisione, la banda passante, l'impedenza d'ingresso.

CARATTERISTICHE TECNICHE	
Alimentazione 220 V c.a. 50 - 60 Hz **Funzioni V c.c., V c.a., I c.c., I c.a., R** **Portate voltmetriche 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V, 2 kV fondo scala.** Portate amperometriche 200 μA, **2 mA, 20 mA, 200 mA, 2 A fondo scala.** **Portate ohmmetriche 20 MΩ, 2 MΩ, 200 kΩ, 20 kΩ, 2 kΩ.** **Precisione tra 20 e 25° C** **Tensione continua**	**Per la scala 200 mV ± 0,2%** **Per le altre scale ± 0,5%** **Tensione alternata ± 1%** **Corrente continua ± 1%** **Corrente alternata ± 2%** **Resistenze ± 1%** **Banda passante a 3 dB 20 kHz** **Stabilità termica ± 0,005% per grado centigrado.** **Dimensioni d'ingombro 270 x 175 x 100**

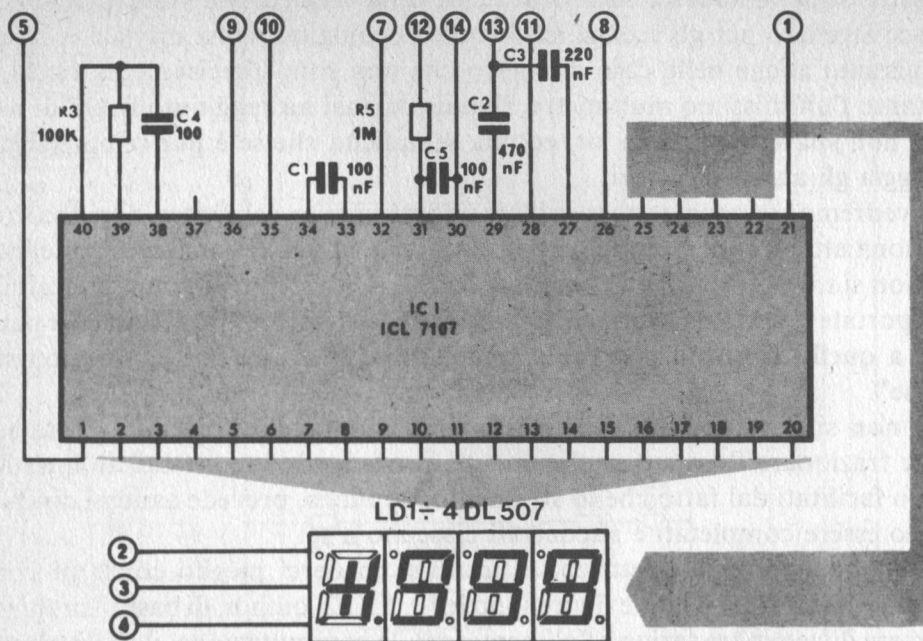



Figura 52. Millivoltmetro indicatore digitale, o "parte di lettura".

Siccome l'impedenza d'ingresso del millivoltmetro digitale "di lettura" che segue ha un valore di ingresso estremamente elevato (qualcosa come 50.000 MΩ è più!) non è possibile variare le portate in tensione impiegando resistenze poste in serie dal valore in scala, come si usa per gli strumenti analogici, ma è necessario far ricorso ad un partitore, formato da R1, R2, R3, R4. Questo, ovviamente riduce l'impedenza d'ingresso, ma il suo valore complessivo è tale da mantenerla ugualmente ad un livello sufficientemente elevato per non turbare le misure da effettuarsi anche su circuiti critici. In pratica, considerate le varie funzioni, all'ingresso della sezione indicatrice avremo sempre un valore di 200 mV. Il condensatore C11, corregge la banda passante per ottenere la risposta tra 3 e 20.000 Hz, in modo da poter effettuare tutte le letture necessarie nel campo dell'audio con una precisione di +/— 3 dB.

Per le misure di corrente s'impiegano le resistenze shunt da R5 ad R9. Ai capi di queste, ogni intensità misurata che ricada nel campo previsto, genera sempre una massima caduta di tensione di 200 mV, valutabile dall'indicatore digitale. Nel calcolo di questi shunt non è stato necessario tener conto della resistenza propria del sistema di lettura, in quanto è tanto elevata da essere irrilevante, e da "non apparire" in parallelo. Le uscite degli assiemi di resistenze che servono per la divisione e come elementi di shunt, sono selezionate dai commutatori SWB1 ed SWB2, ad ottenere le necessarie portate. Il commutatore SWA sceglie invece le funzioni, ossia le grandezze elettriche da misurare, ed a seconda di queste, collega il millivoltmetro ad uno dei due sistemi resistivi come serve.

Poiché logicamente un multimetro deve poter effettuare tutte le misure in alternata che servono, è presente il rettificatore ad alta precisione IC1, che trasforma i valori alternati in continui tramite il circuito che è realizzato anche con le resistenze accessorie R12, R13, R14, R15, R16, i diodi D7 e D8, i condensatori da C3 a C8 e dal trimmer di taratura VR2. La resistenza R10 non ha compiti di parzializzazione, ma serve a proteggere l'ingresso dell'amplificatore operazionale.
La misura delle resistenze, si effettua facendo circolare una corrente attraverso la parte utile della serie del divisore di tensione, posta in serie con il valore che interessa. La caduta che si verifica su quest'ultimo è misurata in rapporto al valore campione, ed in tal modo si ottiene il valore ignoto.
Sempre impiegando lo strumento come ohmmetro, si può misurare la conduzione dei sistemi NP e PN, come dire le giunzioni di tutti i sistemi semiconduttori, ma per fare ciò, è necessario superare la relativa tensione di barriera, e poiché questa deve essere stimata a 600 mV, occorre aumentare di 400 mV la portata dell'indicatore, quindi è necessario cambiare il valore della resistenza d'integrazione. In tal modo, la resistenza relativa la si legge sulla scala a 2000 Ω, e per la caduta in tensione la lettura avviene ad 1 mA.
I diodi D1 e D2, con il fusibile F1, prevengono i guasti che potrebbero intervenire a causa di tensioni che giungono a 250 V applicate all'ingresso durante la manovra del commutatore delle portate.
I diodi D3 e D4 svolgono la stessa funzione quando si scelgono le portate di resistenza a fondo scala. I diodi D5 e D6 con le resistenze R19, R20, R24, servono per generare la corrente necessaria per le misure di resistenza.
Il diodo Zener Z1, ed il condensatore C1 formano la sorgente della tensione di riferimento, mentre il diodo Zener Z2 genera la tensione di pilotaggio del display a partire da quella di alimentazione.
Poiché il circuito esaminato è molto complesso, ovviamente ho dovuto esporre solo i punti-chiave per la comprensione, e consiglio al lettore di indagare sul sistema in base a quanto detto discernendo tra i vari rami nei quali circolano le correnti, e scrutando le commutazioni che modificano le portate.
Se vogliamo proprio formulare un'analogia che in qualche modo può essere

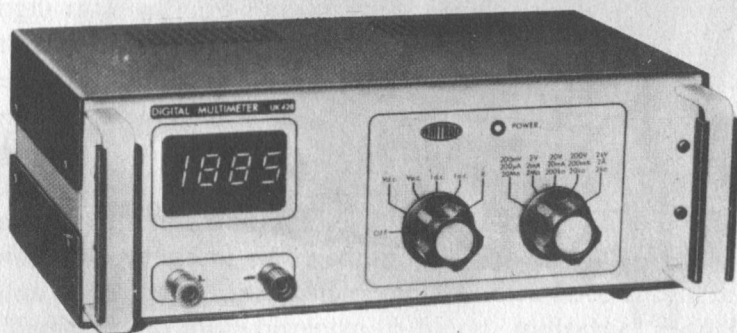



Figura 53. Il multimetro digitale ultimato; l'aspetto è molto professionale ed i controlli sono agevoli.

chiarificatrice, in un normale tester analogico, vi è un microamperometro da 50 μA o valori di fondo scala analoghi, che serve per misurare tensioni continue, correnti medie e forti, ohm. Per adattarlo a questa funzione "innaturale" si usano delle resistenze in serie e di shunt, in rettificatore, una pila ed accessori diversi. Tutta la circuiteria commentata ha esattamente le stesse funzioni; costituisce un sistema *di conversione*.

Lo stretto analogo del microamperometro dei multimetri analogici, in questo strumento è il millivoltmetro che si vede nello schema di figura 52. Questo, poiché all'ingresso "vede" dei valori analogici, è munito di un convertitore analogico-digitale che pilota un display a tre cifre e mezzo più segno significativo della polarità. La tecnica di conversione è molto simile a quella già citata per il millivoltmetro-voltmetro visto in precedenza come ausilio di laboratorio, ovvero è a doppia rampa, ed in tal modo non vi è la necessità di un clock troppo preciso, in più vi è una eccellente reiezione al rumore ed una linearità *molto* buona. Il numero di campionamenti (aggiornamenti del display in seguito alla tensione d'ingresso) è di 2 oppure 3 al secondo. La frequenza del clock interno è determinata da R3 e C4 ed ha un valore di 48 kHz. La sorgente della tensione di riferimento fa parte dello schema di figura 51 e può essere regolata agendo su VR1.

Il filtro passabasso d'ingresso R5-C5 elimina l'eventuale presenza di segnali audio, ed in particolare parassitari di rete (ronzii) che potrebbero disturbare il conteggio che impiega l'ingresso ad altissima impedenza che fa capo ai terminali 30-31. I condensatori C2 e C3, con le resistenze R27 ed R28 dello schema di figura 51, formano la rete d'integrazione che determina la pendenza delle rampe, quindi l'intervallo di conteggio.

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, di solito, per svolgere tutte queste mansioni , si usano due circuiti integrati; in questo caso, invece, l'IC è uno solo naturalmente del tipo "LSI", ovvero IC1 che come di solito impiega la tecnologia

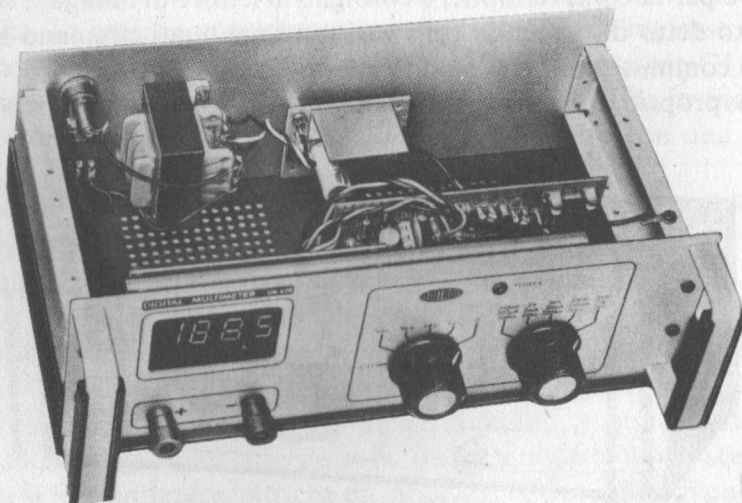
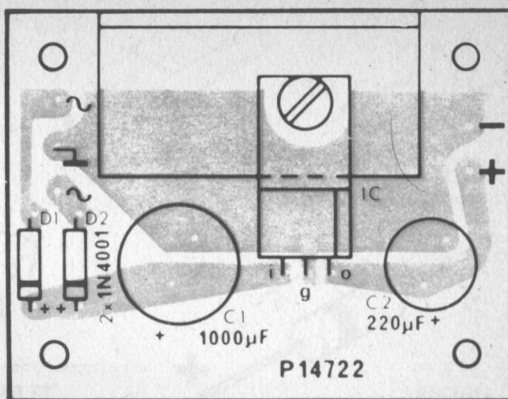



Figura 54. Interno del multimetro digitale ultimato; sul fondo si scorge il settore d'alimentazione universale.

Figura 55. Settore dell'alimentazione dello strumento, che impiega uno stabilizzatore del tipo a "tre terminali" erogante 8,5 V.

MOS diffusasi per i giochi televisivi, gli orologi ed altre applicazioni ad "alta densità".

Le fotografie delle figure 53 e 54 mostrano lo strumento ultimato; come si vede l'aspetto è gradevolmente professionale, simile a quello dei multimetri digitali costruiti dalle varie fabbriche specializzate.

Vediamo allora come sono disposte le parti "dentro l'involucro". Ho premesso che il montaggio può essere diviso in tre parti, e consiglio proprio di procedere così, assemblando ciascun settore a sé, verificandolo ed eventualmente conducendo le prove che servono per ritenerlo funzionale. Solo in un secondo tempo, il tutto può essere interconnesso.

La sezione più facile da completare è quella d'alimentazione: le poche parti impiegate non creano proprio problemi; nella figura 56, si vedono le connessioni dello stabilizzatore a tre terminali "7885" assieme a quelle degli altri semiconduttori impiegati. La basetta relativa appare nella figura 55.

Più complesso, è il settore della commutazione, il multiplo adattatore che ho commentato dei dettagli. La basetta appare nelle figure 57 e 58. Data la vicinanza delle parti, ed il loro numero abbastanza elevato, è necessario seguire passo-passo la procedura di assemblaggio che ho trattato nelle "indicazioni generali"; anzi, se il lettore l'avesse scordata, una rinfrescatina prima di accingersi al lavoro non guasterà di certo.

Escludendo ogni ripetizione, dirò allora che le ultime parti da montare devono essere i commutatori di portata (range) e funzione (function), che ben si osservano dettagliatamente nella figura 58 in forma di vista esplosa, con i collegamenti relativi.

Poiché ritengo del tutto inutile raccomandare di nuovo di montare per prime le resistenze, poi i condensatori non polarizzati, poi i diodi e gli elettrolitici controllando le polarità scrupolosamente e via di seguito, aggiungo solo che per questo settore la revisione deve essere super-scrupolosa; super-meticolosa.

Comunque, una volta che la basetta sia completa e stra-riscontrata, la si metterà a parte e ci si dedicherà al millivoltmetro, o blocco indicatore digitale che dir si voglia: figura 60.

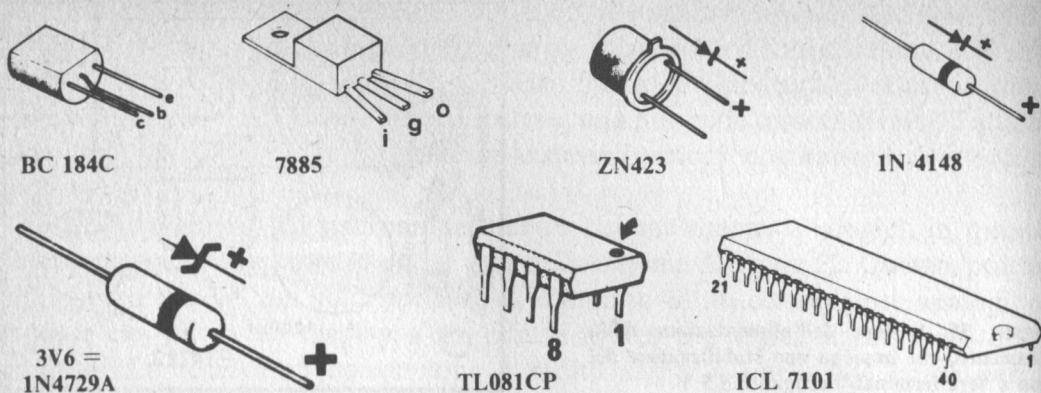



Figura 56. Sagome e connessioni di tutti i semiconduttori impiegati nel multimetro digitale.

Questo, è caratterizzato dalla presenza dell'IC1, che deve essere trattato delicatamente, essendo un MOS piuttosto fragile. Il miglior saldatore da impegare per il suo montaggio, sarebbe quello G.B.C. con batterie ricaricabili incorporate; se non è disponibile, è necessario collegare a terra la punta degli arnesi normali, sì da essere certi che la rete non sia minimamente dispersa, e che non vi siano cariche statiche che si sviluppano durante la connessione. Come si vede, la basetta comprende

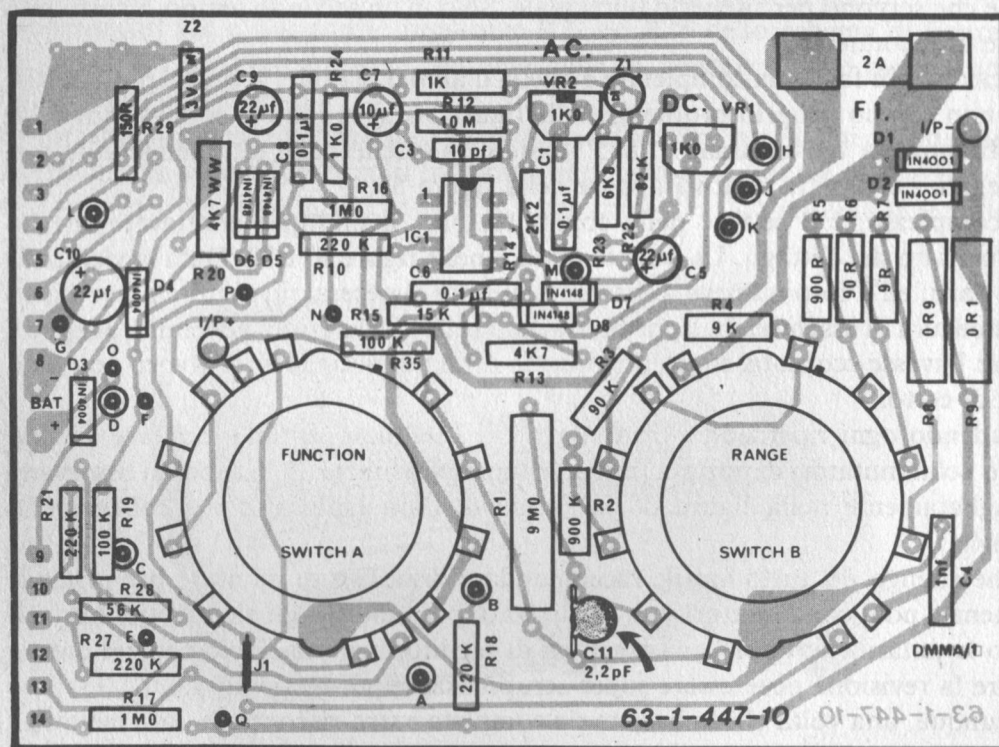



Figura 57. Base stampata del sistema commutatore. Lato parti; le piste si scorgono in trasparenza.

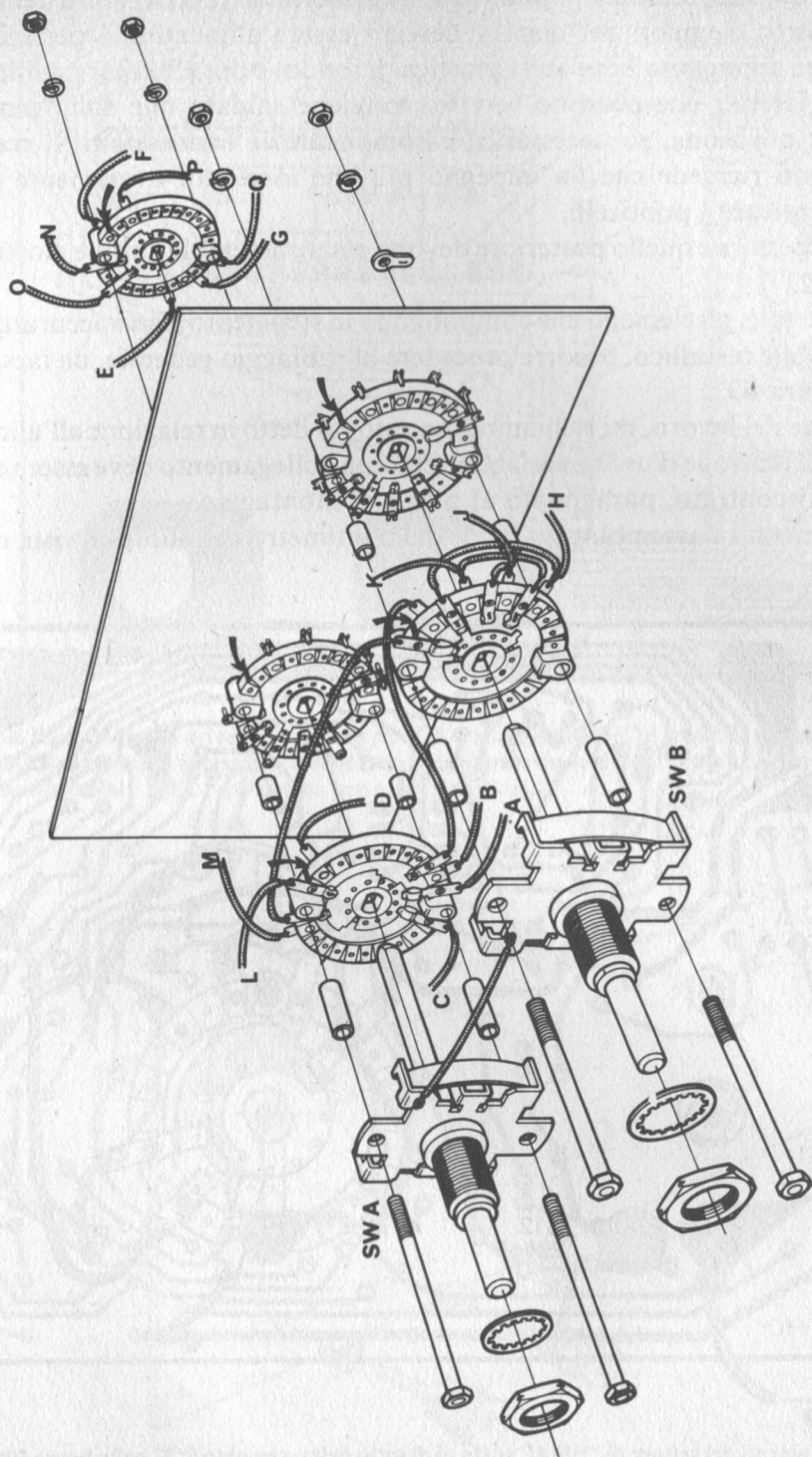



Figura 58. Montaggio dei commutatori sulla basetta di figura 57; è da notare che "SWA" ha due settori posti sul "lato parti" ed uno sul "lato rame", ovvero sottostante alla base stampata.

anche gli enumeratori LED, e per essere certi che questi siano collegati correttamente, ci si deve accertare che il punto colorato sia diretto verso *l'alto* della base. Poiché i quattro elementi del display devono essere allineati alla perfezione, è necessario che appoggino bene sulla plastica di fondo, e per effettuare millimetrici spostamenti laterali che possono servire, conviene saldare due soli "pin", poi aggiustare la posizione, se necessario, e completare le connessioni. Il resto del montaggio non richiede che un impegno più che modesto; ovviamente non si devono dimenticare i ponticelli.

Il pannello anteriore e quello posteriore devono essere assemblati come mostrano le figure 61 e 62.

Una volta che tutti gli elementi che compongono lo strumento siano accuratamente fissati nel mobile metallico, occorre procedere al cablaggio generale, da farsi come mostra la figura 63.

Per questa fase del lavoro, mi richiamo a quanto ho detto in relazione all'alimentatore munito di tensione d'uscita variabile. Ciascun collegamento deve essere eseguito a sé, ben riscontrato, paragonato al piano di montaggio.

La figura 64 mostra l'assemblaggio finale del multimetro dal punto di vista meccanico.

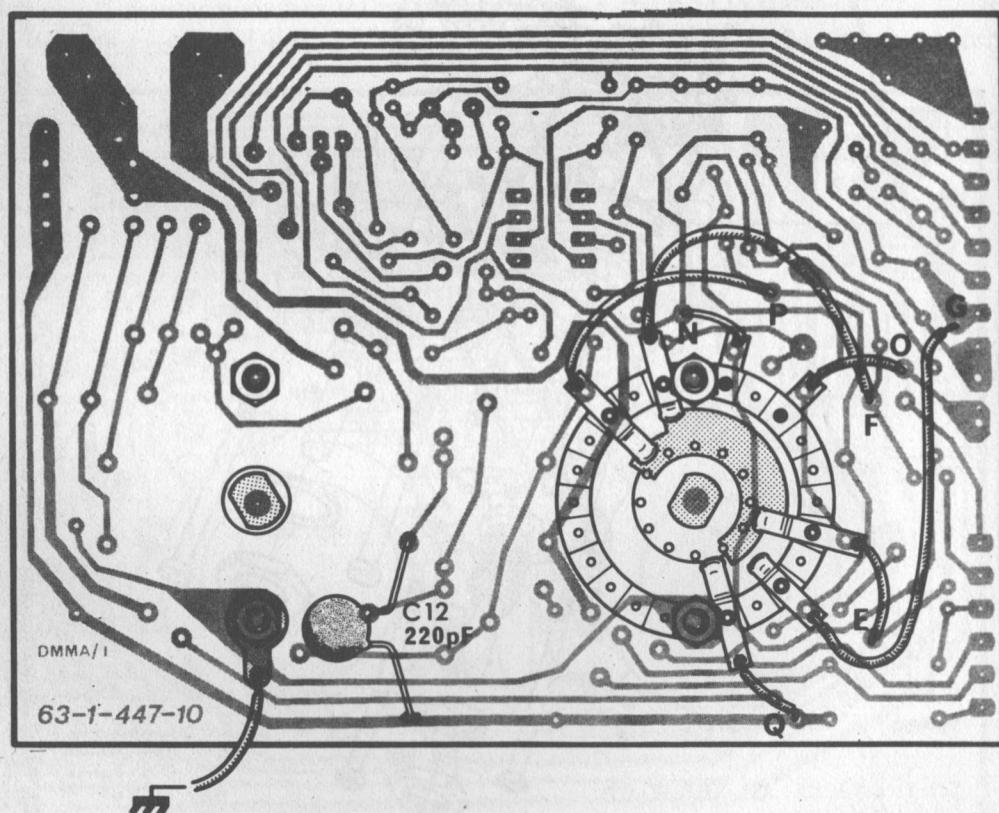



Figura 59. Collegamenti del settore di "SWA" posto al di sotto dello stampato ("3" nella figura 59). Anche il C12 deve essere collegato direttamente tra le piste ramate.

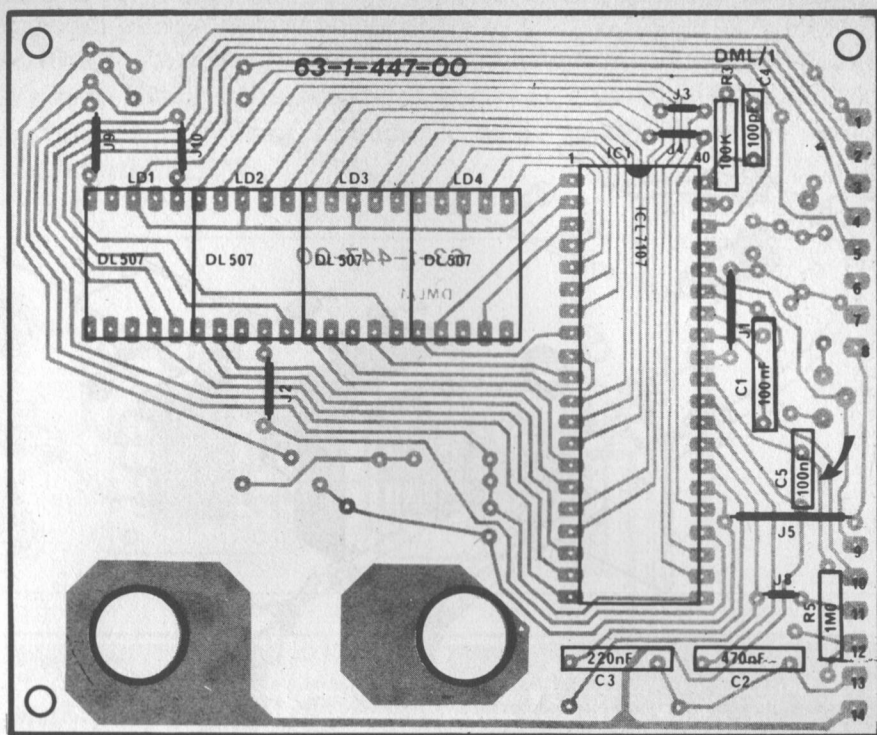



Figura 60. **Base stampata del sistema di lettura. IC1, è un integrato MOS sensibile alle scariche elettrostatiche. Per tale ragione è necessario connetterlo impiegando un saldatore "messo a terra" e con la punta perfettamente isolata dalla rete, ovvero priva di dispersioni.**

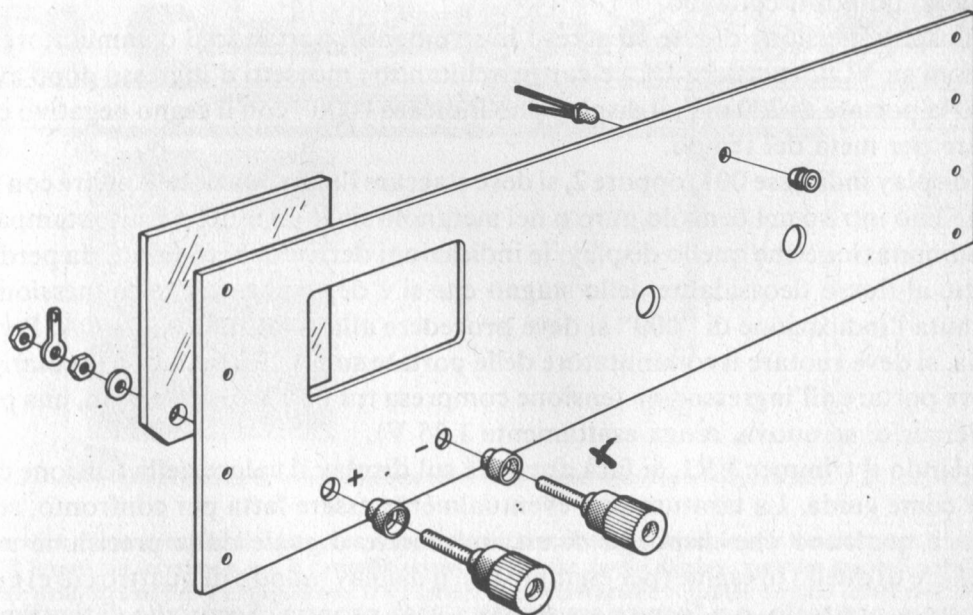



Figura 61. Completamento del pannello frontale del multimetro.

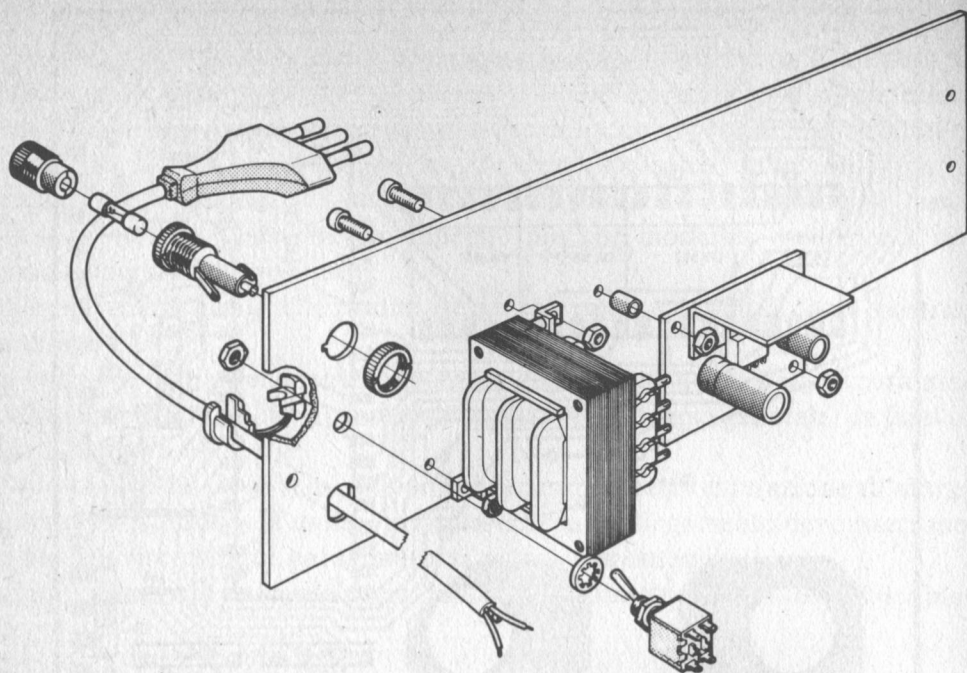



Figura 62. Assemblaggio del pannello posteriore. Come si vede, l'alimentatore sarà fissato mediante distanziali sulla parete.

È forse inutile che ora mi dilunghi sullo scrupolo che deve essere applicato al controllo dello strumento; credo sia intuibile, e vale anche quanto detto in precedenza, nelle "note generali".
Vediamo quindi il collaudo.
Applicata la tensione di rete ed acceso lo strumento, portando il commutatore di funzioni su VDC (tensioni CC) e cortocircuitando i morsetti d'ingresso dopo aver scelto la portata di 200 mV, il display può indicare "000" con il segno negativo che appare per metà del tempo.
Se il display indicasse 001, oppure 2, si deve staccare l'alimentazione e pulire con un pennellino intriso nel benzolo puro o nel metanolo sia le piste del circuito stampato di commutazione che quello display; le indicazioni deriverebbero infatti da perdite dovute al flusso deossidante dello stagno che si è depositato tra le connessioni.
Ottenuta l'indicazione di "000" si deve procedere alla taratura in CC e CA. Per la prima, si deve ruotare il commutatore delle portate su 2 V. Rispettando le polarità, si deve portare all'ingresso una tensione compresa tra 1 e 2 V (per esempio, una pila al Mercurio, se nuova, eroga esattamente 1,35 V).
Regolando il trimmer VR1, si farà apparire sul display il valore della tensione che serve come guida. La taratura può eventualmente essere fatta per confronto, se si conosce qualcuno che disponga di un multimetro digitale dalla precisione non maggiore di quello in esame (per esempio con il display munito di quattro cifre) e sia disposto a prestarlo, o a fornire assistenza a casa propria. *Sconsiglio* di tentare la regolazione impiegando come confronto un multimetro analogico, perché *nessun*

analogico ha la precisione sufficiente.
Per la taratura in CA, all'ingresso si porterà una tensione sinusoidale compresa tra 10 e 19 V avente una frequenza audio (compresa tra 50 - 200 Hz). La tensione può essere ricavata da un generatore audio, o da un amplificatore che possiede una potenza indistorta di 30W.

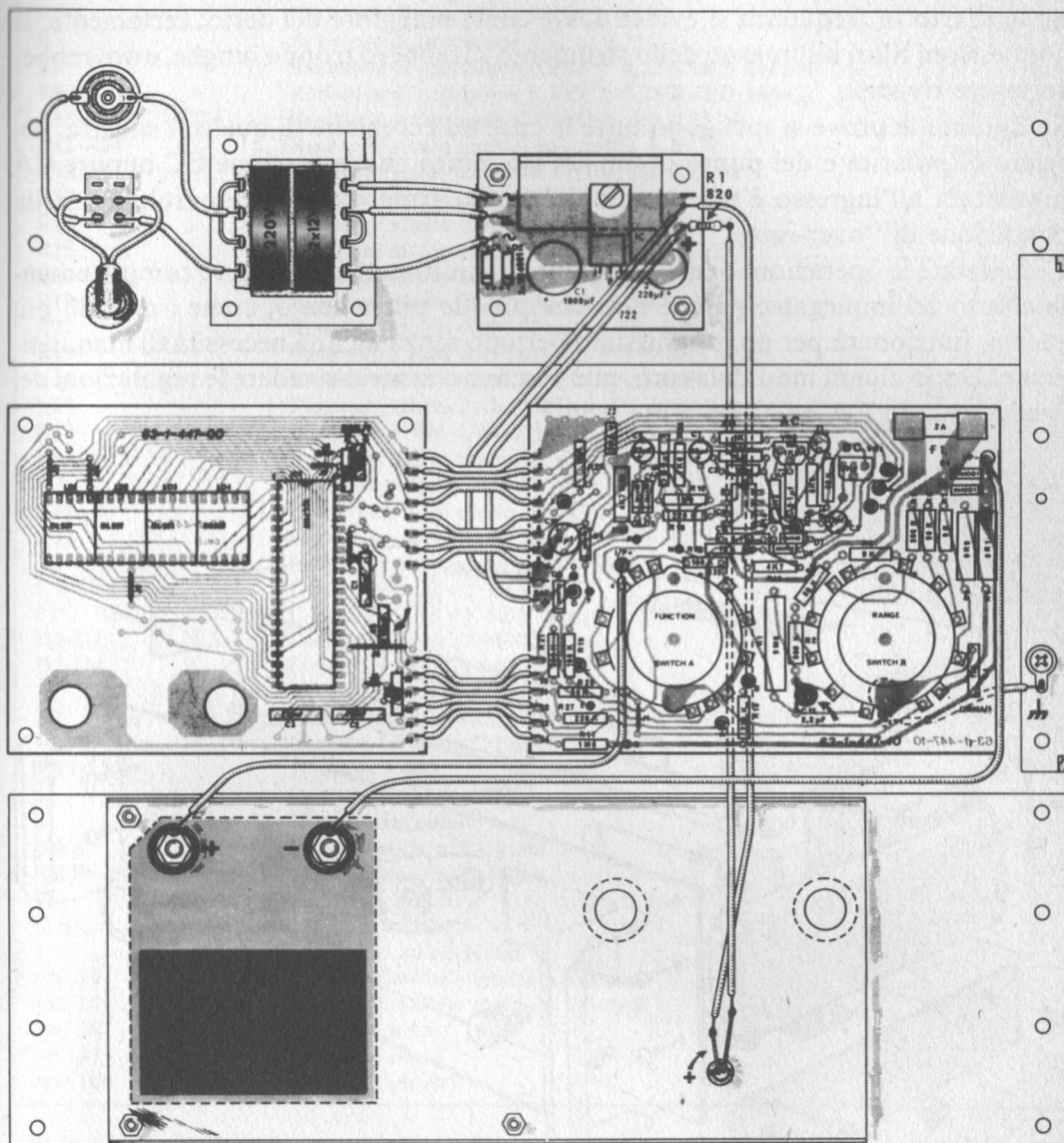



Figura 63. Piano generale di interconnessione delle varie sezioni che costituiscono il multitester. Una volta che il lavoro sia terminato, sia il pannello commutatore che quello display, saranno montati paralleli al fronte dello strumento. I collegamenti tra i settori di commutazione e display devono essere molto brevi. Data la complessità del tutto, il lavoro deve essere affrontato con la necessaria metodicità e precisione. Ogni collegamento deve essere riscontrato almeno due volte.

Si regolerà VR2 per leggere sul display la tensione alternata. Impegando il generatore audio, si farà variare la frequenza tra 50 Hz e 20.000 Hz; il valore indicato, se, com'é ovvio, la tensione all'ingresso rimane costante, non deve mutare per +/— 3 dB. Il valore in dB, si calcola moltiplicando per 20 il logaritmo decimale del rapporto tra le tensione effettiva e la tensione indicata, con al numeratore il valore più grande.
Se lo scarto in frequenza si evidenziasse come maggiore del detto, certamente, le connessioni filari all'interno dello strumento sarebbero troppo lunghe, e dovrebbero essere riviste.
Se durante le prove si spengono tutte le cifre ad eccezione di quella a sinistra, del segno di polarità e del punto decimale, ciò indica che la tensione CC oppure CA presentata all'ingresso è più grande del fondo scala, o, in altre parole si è nella condizione di "over-range".
Completate le operazioni di messa a punto, il multimetro può essere completamente chiuso ed impiegato; perché non comprende pile a secco, come i modelli più vecchi, funzionerà per un lunghissimo periodo senza alcuna necessità di manutenzione. Dopo alcuni mesi di lavoro, può essere necessario rivedere le regolazioni del fondo scala in CA e CC descritte prima.

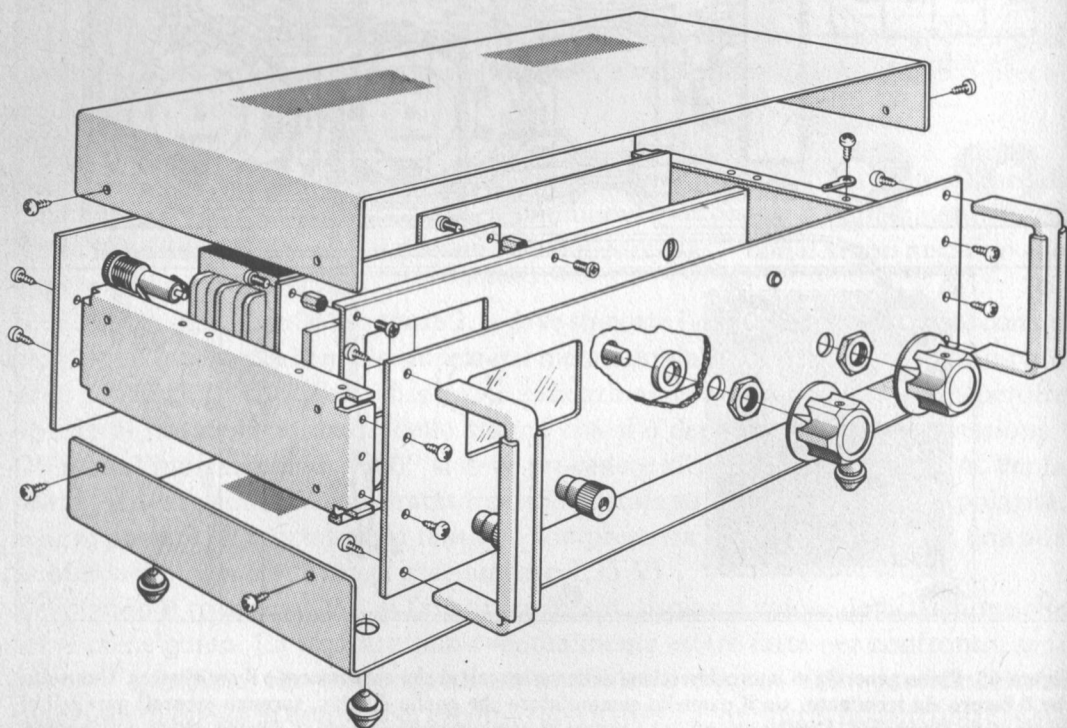



Figura 64. Allestimento meccanico del multitester. Come detto in precedenza, i pannelli della commutazione e display saranno montati verticalmente.

ELENCO COMPONENTI - SEZIONE COMMUTATORI

R1	Resistore di precisione 9MΩ ± 0,25%
R2	Resistore di precisione 900 kΩ ± 0,25%
R3	Resistore di precisione 90 kΩ ± 0,25%
R4	Resistore di precisione 9 kΩ ± 0,25%
R5	Resistore di precisione 900 Ω ± 0,25%
R6	Resistore di precisione 90 Ω ± 0,25%
R7	Resistore di precisione 9 Ω ± 0,25%
R8	Resistore di precisione 0,9 Ω ± 0,25% (ED 16003)
R9	Resistore di precisione 0,1 Ω ± 0,25% (ED 16002)
R10-R18-R21-R27	Resistore strato carb. 220 kΩ ± 5% 0,25 W
R11-R24	Resistore strato carb. 1 kΩ ± 5% 0,25 W
R12	Resistore strato carb. 10 MΩ ± 5% 0,25 W
R13	Resistore strato carb. 4,7 kΩ ± 5% 0,25 W
R14	Resistore strato carb. 2,2 kΩ ± 5% 0,25 W
R15	Resistore strato carb. 15 kΩ ± 5% 0,25 W
R16-R17	Resistore strato carb. 1 MΩ ± 5% 0,25 W
R19-R35	Resistore strato carb. 100 kΩ ± 5% 0,25 W
R22	Resistore strato carb. 82 kΩ ± 5% 0,25 W
R23	Resistore strato carb. 6,8 kΩ ± 5% 0,25 W
R28	Resistore strato carb. 56 kΩ ± 5% 0,25 W
R29	Resistore strato carb. 150Ω ± 5% 0,25 W
R20	Resistore a filo 4,7 kΩ 2,5 W
C1-C6-C8	Cond. ceramico disco 0,1 μF ± 20% 25 V
C3	Cond. ceramico disco 10 pF ± 5% 25 V
C11	Cond. ceramico disco 2,2 pF ± 5% NPO 500 V
C12	Cond. ceramico disco 220 pF ± 5% 50 V
C4	Cond. ceramico disco 2,2 nF 3000 V
C5-C9-C10	Cond. elett. 22 μF 10 V m.v.
C7	Cond. elett. 10 μF 10 V m.v.
D1-D2	Diodo 1N 4001 (1N4002)
D3-D4	Diodo 1N 4004 (1N4006)
Z1	Diodo Zener ZN 423
Z2	Diodo Zener 1N4729A - 1 W (3V6-1W)
IC1	Circuito integrato TL081CP
VR1-VR2	Trimmer 1 kΩ
1	Fusibile 2A ∅ 5 x 20
2	Clips portafusibili
SWA	Commutatore a 3 sezioni
SWB	Commutatore a 2 sezioni
24	Terminali a C.S.
C.S.	Circuito stampato
1	Terminale ad occhiello
cm. 10	Piattina flessibile multipla a 8 capi
cm. 10	Piattina flessibile multipla a 6 capi
cm. 30	Trecciola nera
cm. 30	Trecciola rossa
cm. 100	Trecciola gialla

SEZIONE VISUALIZZATORE

R3	Res. 100 kΩ ± 5% 0,25 W
R5	Res. 1 MΩ ± 5% 0,25 W
C1-C5	Cond. polies. 0,1 μF ± 10% - 100 V
C2	Cond. policarb. 0,47 μF ± 5% - 100 V
C3	Cond. policarb. 0,22 μF ± 5% - 100 V
C4	Cond. cer. 100 pF ± 5% - 50 V
IC1	Circ. integr. ICL7107 CPL
LD1-LD2-LD3-LD4	Display DL 507
C.S.	Circuito stampato

SEZIONE ALIMENTAZIONE

M.T.	Trasformatore alimentazione
C1	Cond. elettr. 1000 μF 25 V m.v.
C2	Cond. elettr. 220 μF 16 V m.v.
R1	Resist. str. carb. 820 Ω ± 5% 0,25 W
IC	Regolatore di tensione L7885 CV
C.S.	Circuito stampato
D1-D2	Diodi 1N4001 = 1N4002
1	Dissipatore
1	Cavo rete
1	Portafusibile
1	Fusibile 0,125 A ∅ 5 x 20 rapido
1	Fermacavo
1	Diodo LED rosso
1	Boccola per LED
2	Terminali ad occhiello
1	Interruttore bipolare
2	Distanziatori per potenz. L = 3 mm
2	Distanziatori cilindrici L = 4,5 mm
21	Viti autof. 2,9 x 6,5
6	Viti M 3 x 4
5	Viti M 3 x 10
5	Dadi M3
3	Distanziatori esagonali L = 7 mm
2	Manopole con indice
1	Serrafilo nero
1	Serrafilo rosso
4	Piedini in gomma
100 cm.	Trecciola gialla
10 cm.	Piattina flessibile 8 capi
10 cm.	Piattina flessibile 6 capi
50 cm.	Trecciola rossa
100 cm.	Trecciola nera
1	Coperchio mobile
1	Fondello mobile
2	Fiancate
1	Pannello posteriore
1	Pannello anteriore
1	Schermo plexiglas
2	Maniglie
1	Pannello supporto anteriore
1	Confezione stagno

INIETTORE DI SEGNALI (UK 220)

Quando si è in possesso di buoni alimentatori, e di ottimi strumenti di misura come quelli esaminati in precedenza, il passo successivo è ovviamente approvvigionarsi di alcuni generatori di segnali, BF ed RF, che serviranno per mettere a punto preamplificatori, amplificatori, ricevitori, filtri, ed in sostanza, la maggior parte delle apparecchiature che si vogliono costruire.
Il più semplice generatore concepibile, è il cosidetto "iniettore di segnali" che in sostanza è un multivibratore astabile. Questo, erogando dei segnali di forma quadrata, o "similquadrata" anche se ha una frequenza di lavoro fondamentale, bassa, alcune centinaia di Hz, eroga un numero di armoniche talmente grande che l'inviluppo giunge a decine di MHz; si può quindi dire che sia al tempo stesso un generatore BF ed RF.
Sebbene ai meno esperti l'utilità di un siffatto dispositivo possa parere dubbia, in effetti vi è poco di più pratico, perché il segnale a larga banda permette di collaudare qualunque sistema amplificatore-preamplificatore, o radioricevitore, o amplificatore video e simili.

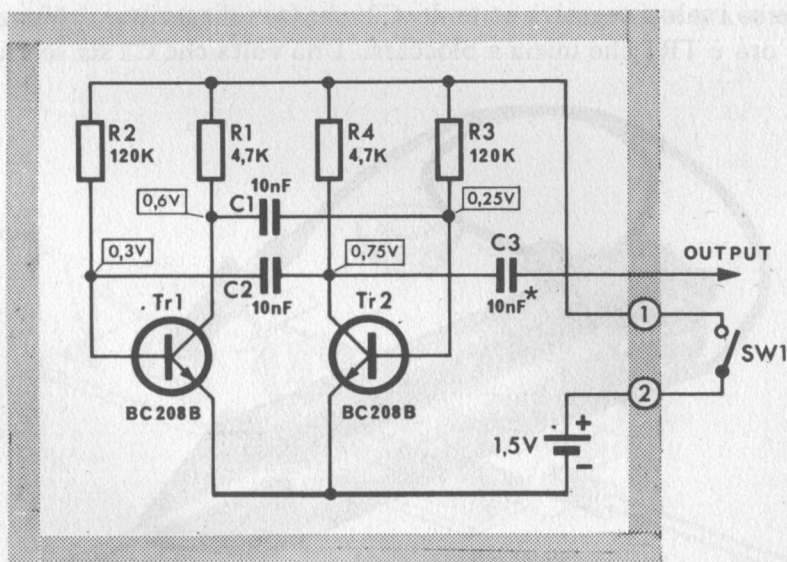



Figura 65. Circuito elettrico dell'iniettore di segnali. Fondamentalmente si tratta di un multivibratore astabile.

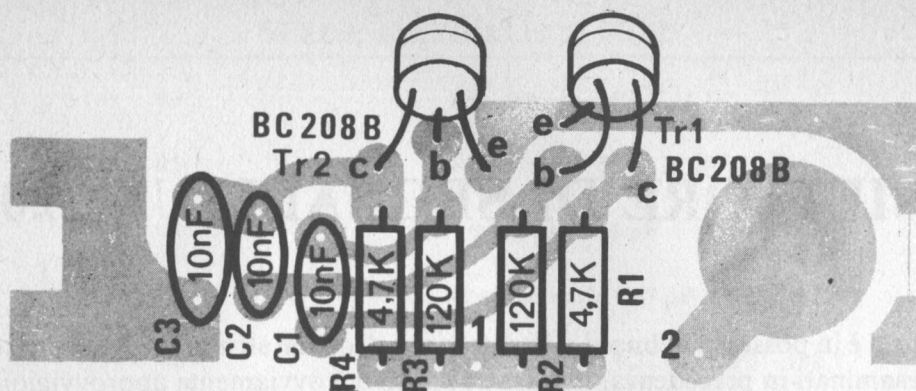



Figura 66. Circuito stampato dell'iniettore di segnali, lato parti.

Comunque, l'impiego dettagliato lo spiegherò tra poco; ora, per seguire la solita prassi, commenterò lo schema elettrico: figura 65. Come si vede, questo è l'epitome dell'astabile; i transistori impiegati sono i classici BC108. Per comprendere il funzionamento, supponiamo che TR1 sia in conduzione per primo; in tal caso, il suo potenziale di collettore tenderà a portarsi verso valori negativi, e la relativa variazione di tensione sarà trasferita dal condensatore di accoppiamento C1 alla base del TR2. Il TR2 sarà quindi interdetto, visto che è del tipo NPN; come sappiamo questo genere di transistor conduce se la base è positiva, ma si blocca se la medesima vede una polarizzazione negativa.

Il tempo durante il quale TR2 è interdetto è determinato dai valori di C1 e di R3. Una volta trascorso l'intervallo di tempo, il collettore del TR2 tenderà a portarsi a sua volta verso i valori negativi, e tramite C2 si ha la realizzazione del funzionamento inverso; ora è TR1 che inizia a bloccarsi. Una volta che C2 sia scarico, il ciclo

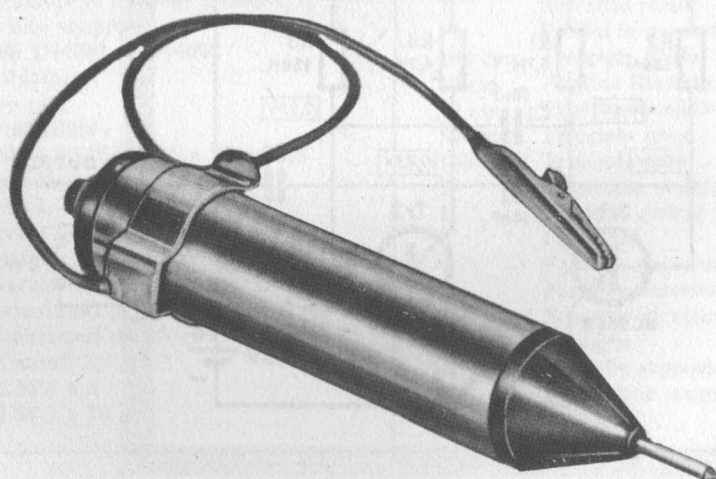



Figura 67. Aspetto dell'iniettore montato. Si noti il razionale involucro "a pennarello" che consente una facile manovrabilità.

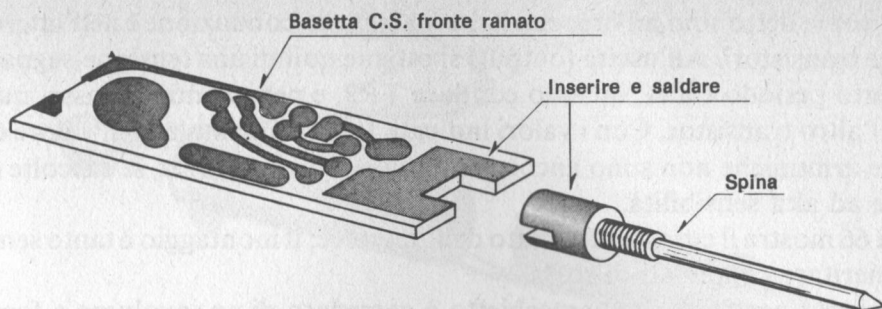



Figura 68. Completamento del circuito stampato con il puntale.

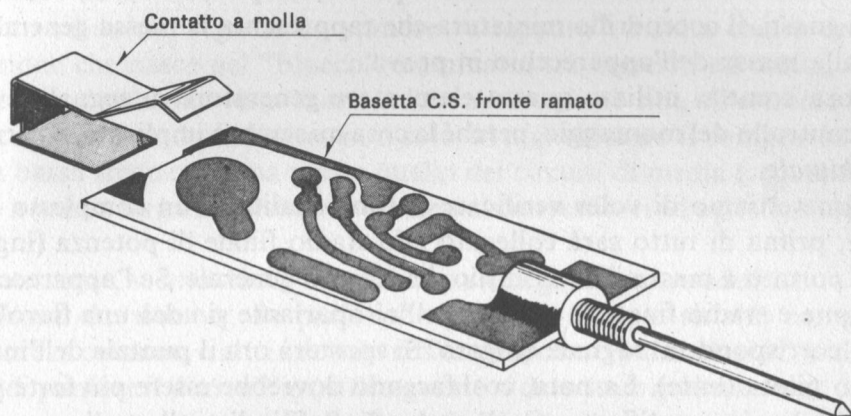



Figura 69. Montaggio sullo stampato della molla che serve per il contatto sulla pila di alimentazione.

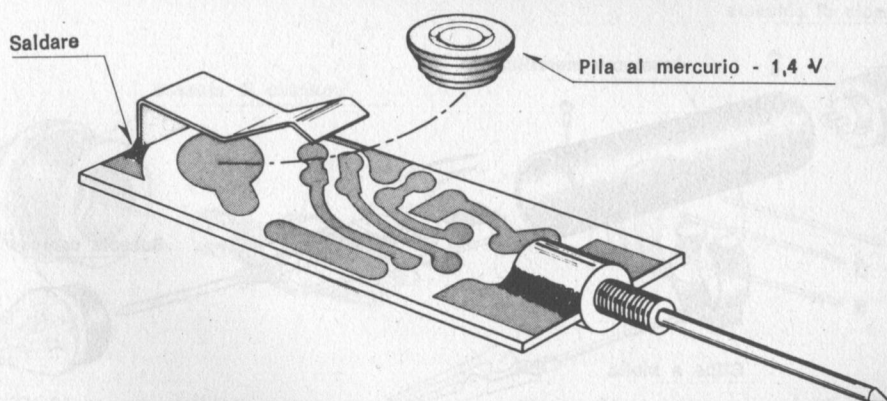



Figura 70. Inserzione della pila al Mercurio sotto alla molla di contatto.

continua come detto sino ad ora, con l'alternarsi nella conduzione e nell'interdizione dei due transistori. All'uscita (output) si ottiene quindi una tensione-segnale che per un certo periodo è alta, quando conduce TR2, e per un'altro è bassa, quando conduce l'altro transistor. Con i valori indicati, la fondamentale ha il valore di 500 Hz, ma le armoniche non sono ancora audibili ed oltre 40 MHz, se raccolte da un ricevitore ad alta sensibilità.
La figura 66 mostra il circuito stampato dell'iniettore; il montaggio è tanto semplice da non meritare commenti di sorta.
Per la maggior praticità, l'apparecchietto è corredato di un involucro a forma di pennarello: lo si vede nella figura 67. Le figure 68, 69, 70, mostrano come si debba completare lo stampato con il puntale, il contatto a molla per la pila e la pila stessa.
Le figure 71, 72, 73, illustrano l'assemblaggio nell'involucro. L'interruttore a pulsante è inserito nella bussola di chiusura posteriore per comodità, e durante la ricerca dei guasti, il coccodrillo miniatura che rappresenta la massa generale sarà collegato alla massa dell'apparecchio in prova.
Vediamo ora come si utilizza questo elementare generatore di segnali: evito di trattare il controllo del montaggio, perché la cosa mi sembra implicata, ed ormai da ritenersi *abituale*.
Dunque, ammettiamo di voler verificare la funzionalità di un complesso audio. L'iniettore, prima di tutto sarà collegato allo stadio finale di potenza (ingresso) dopo aver portato a massa il coccodrillo del ritorno generale. Se l'apparecchio ha alimentazione e stadio finale in ordine, nell'altoparlante si udrà una fievole nota acuta, che corrisponde al segnale erogato. Si sposterà ora il puntale dell'iniettore sullo stadio pilota (base). La nota, così facendo dovrebbe essere più forte perché giunge al finale già amplificata. Così, andando "all'indietro" stadio per stadio, verso l'ingresso, si dovrebbe riscontrare un segnale sempre più forte, a causa delle successive amplificazioni. Se uno stadio che deve erogare un "tot" di guadagno, al contrario attenua, in tutta evidenza non funziona, così come se si ascolta al posto

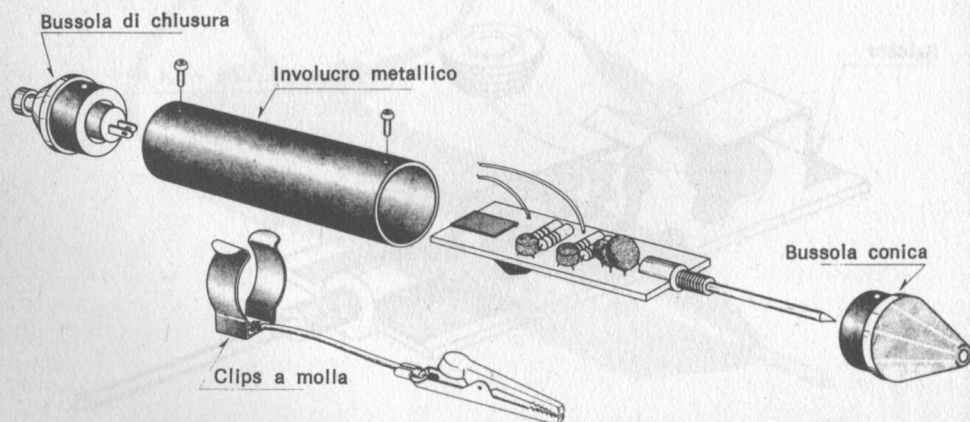



Figura 71. Esploso del montaggio generale dell'iniettore.

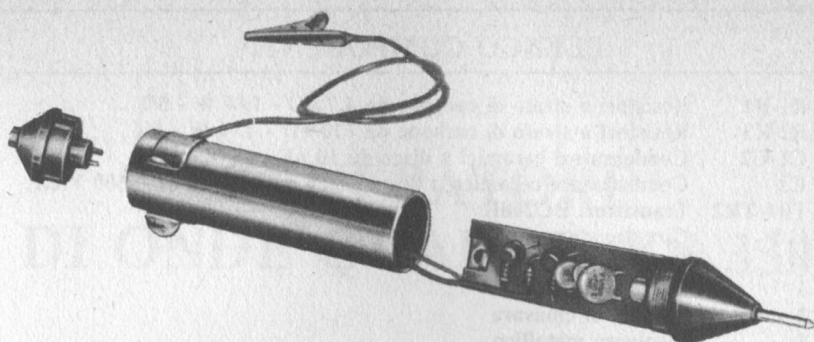



Figura 72. Fotografia dell'iniettore in via di completamento.

del netto sibilo del segnale un rumore "strappato", risulta chiara una violenta distorsione che nasce nel "blocco" esaminato, tra ingresso ed uscita.
Poiché, come abbiamo visto le armoniche si estendono sino all'estremo limite delle onde corte, nel modo indicato, non solo, si può valutare il comportamento degli stadi a bassa frequenza, ma anche quello dei circuiti di media frequenza e di ogni canale a banda larga o stretta, via via fino ai convertitori ed agli stadi amplificatori RF.
Evidentemente, se uno stadio non esibisce alcun guadagno, o addirittura attenua, vi è qualcosa che non va. Se però sono in gioco filtri, o sistemi connessi con il collettore in comune, o altri adattatori d'impedenza, o particolari IC multifunzioni, prima di puntare il dito sull'ipotetico guasto si deve stare molto attenti; occorre una buona esperienza per giungere alla definizione, che tuttavia non è difficile da acquisire *ragionando* sul "come" e sul "perché".
L'acquisire esperienza, è peraltro il primo scopo di chi sperimenta con l'intenzione di giungere a livelli di capacità superiori, ed allora non aggiungo altro, perché l'iniettore di segnali può rappresentare un vero e proprio ausilio di autotraining, andando dai più semplici impieghi ai più specialistici e sofisticati.

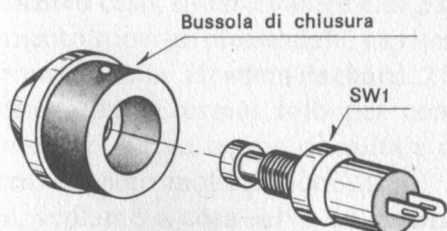



Figura 73. Montaggio dell'interruttore a pulsante nella bussola di chiusura posteriore.

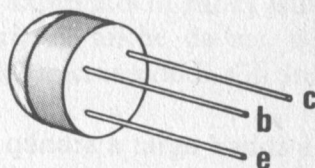



Figura 74. Aspetto e terminali dei transistori BC208 B impiegati nell'iniettore.

ELENCO COMPONENTI

R1-R4	Resistori a strato di carbone da 4,7 kΩ - 1/4 W - 5%
R2-R3	Resistori a strato di carbone da 120 kΩ - 1/4 W - 5%
C1-C2	Condensatori ceramici a disco da 10 nF - 25 V c.c.
C3	Condensatore ceramico a disco da 10 oppure 5,6 nF - 500 V c.c.
TR1-TR2	Transistori BC208B
C.S.	Circuito stampato
1	Spina
1	Bussola conica
1	Bussola di chiusura
1	Involucro metallico
1	Contatto a molla
SW1	Interruttore a pulsante
1	Clips a molla
1	Pinza a coccodrillo
2	Viti autofilettanti
cm. 20	Trecciola isolata
1	Confezione stagno

GENERATORE DI ONDE QUADRE (KS 330)

Se l'iniettore di segnali può essere impiegato validamente per verificare se un dato apparecchio funziona o non funziona, e per scoprire rapidamente i guasti, ove si tratti di sviluppare e migliorare un qualsiasi sistema amplificatore audio non è certo indicato, perché eroga i segnali "tutti assieme", cosicché non consente di verificare il comportamento sia di uno stadio che di un intero apparecchio in relazione ad una data singola frequenza, per tracciare una curva di responso, per predisporre correzioni varie e migliorie.
Se quindi ci si sposta dalla verifica al progetto, o al miglioramento di un progetto, ecco che sorge la necessità di un generatore "accordato", dai segnali molto ben sintonizzabili. Generatori del genere possono essere realizzati in modo estremamente vario; si va dallo stadio singolo reazionato attraverso un sistema a "T", al generatore di funzioni. Comunque, in genere, i due sistemi più impiegati nel laboratorio, sono il generatore di onde quadre e quello di onde sinusoidali. Vedremo qui il primo.
Il generatore "quadro" ad accordo continuo e larga banda "trattato" prevede tre gamme di lavoro: da 20 a 200 Hz, da 200 a 2.000 Hz, da 2.000 a 20.000 Hz. La massima tensione-segnale d'uscita giunge a 20 V da picco a picco, e l'impedenza di presentazione è 600 Ω.
Un buon generatore di onde quadre, é caratterizzato da un tempo di salita e discesa brevissimo, altrimenti, non si dovrebbe parlare di onde "quadre" appunto, ma bensì trapezoidali.
Nel nostro caso, questo valore è di 2 micro-secondi circa, che se non è proprio da strumento super-professionale, va ritenuto già molto buono. Per esempio il famoso generatore della Hewlett-Packard 212-A, ancora impiegato in molti istituti di ricerca (seppure ormai solo per compiti secondari) ed anche da me, nel mio laboratorio, ha un tempo di salita e di discesa di 0,2 microsecondi. Gli analoghi odierni costano molti milioni ...
Bene, vediamo a cosa serve un generatore di onde quadre a larga banda e bassa distorsione. Generalmente, per verificare le prestazioni di amplificatori audio e relativi accessori, come preamplificatori, equalizzatori d'ambiente, filtri vari; o per dare il clock ai sistemi digitali; o per lavorare variamente nell'automazione. Gli impieghi speciali, comprendono l'analisi dei sistemi televisivi, particolarmente per

il responso degli amplificatori a larga banda; la modulazione di trasmettitori impulsivi per trigonometria e radiocomando; inoltre, anche le prove sui filtri sono un buon campo d'indagine, investigabile con i segnali quadri, e si potrebbe ancora proseguire con l'eccitazione di contatori nucleari, di controlli di motori e simili ma andremmo troppo in relazione agli scopi che il manualetto si prefigge. Vediamo quindi lo schema del generatore: figura 75. Si usa un solo IC: un classico μA 709/C. La rete di controreazione che collega l'uscita dell'IC con l'ingresso invertente che fa capo al "pin" 2, è formata da delle resistenze R2 ed R3 con il trimmer potenziometrico R1, e dai due diodi D5 e D6. Vi è poi la rete di reazione, che sempre dall'uscita ("pin" 6) dell'IC, giunge all'ingresso invertente dell'integrato tramite il partitore formato da R5, P1, R6.
Sempre al terminale non invertente 2, sono collegati i condensatori C3, C4 e C5 che determinano le sottogamme e sono scelti da SW1. Quando il livello della tensione al terminale 2 del circuito integrato raggiunge quello presente al terminale 3, si ha una rapidissima commutazione e la tensione in uscita passa al suo massimo valore negativo.
Il valore della tensione di commutazione all'ingresso, dipende dal valore della tensione massima all'uscita e dalla posizione del potenziometro P1, che determina il coefficiente di controreazione; è quindi ovvio che mantenendo costante la capacità, la frequenza varierà in seguito alla posizione del cursore di tale potenziometro. La funzione contraria rispetto a quanto ho dettagliato sino ad ora, avviene quando la tensione d'uscita è verso al massimo valore negativo. In questo caso, il condensatore inserito si deve scaricare attraverso la rete di controreazione, mentre valgono le condizioni già dette per quanto riguarda il partitore di reazione.
I diodi D5 e D6, servono a separare nettamente il regime di carica e quello di scarica del condensatore inserito per la temporizzazione, e tramite R1 è possibile variare il semiperiodo positivo rispetto a quello negativo, come dire il rapporto "mark-to-

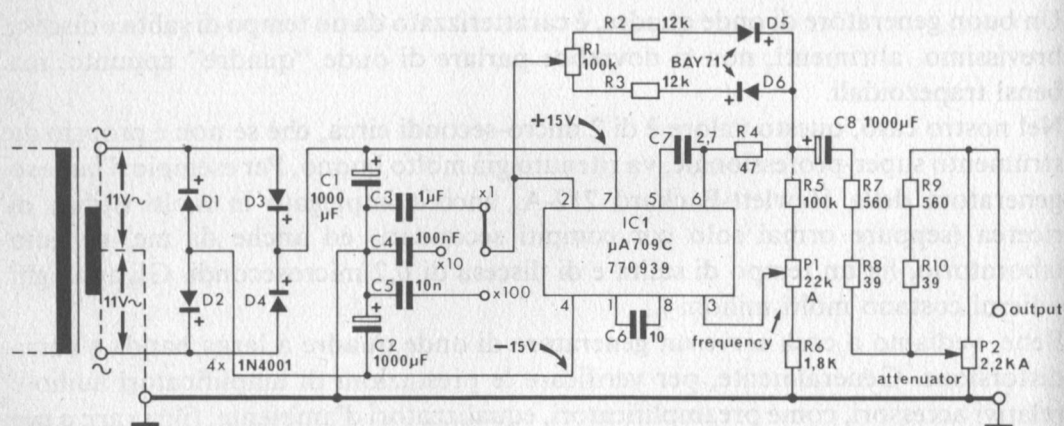



Figura 75. Circuito elettrico del generatore di onde quadre; l'unico elemento attivo impiegato e il classico IC "μA 709C", un amplificatore differenziale ad alte prestazioni.

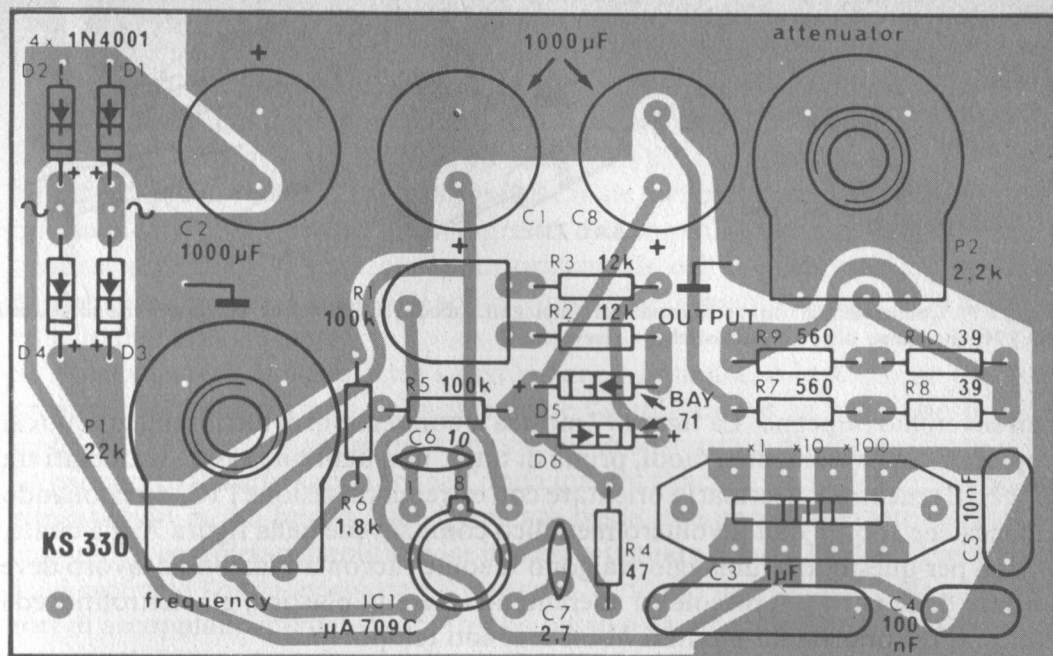



Figura 76. Circuito stampato del generatore di onde quadre, lato parti. All'esterno rimane il solo trasformatore d'alimentazione in quanto anche i controlli trovano posto sulla basetta.

space" o il tempo in cui l'uscita è bassa ed alta. Un buon generatore di onde quadre, ha questi due tempi sempre uguali, a meno che non li si voglia variare appositamente per impieghi speciali; ad esempio per ottenere degli impulsi aghiformi invece che delle onde quadre.

Secondo le definizioni correnti, in sostanza, potremmo dire che se P1 regola la frequenza, R1 aggiusta la *geometria* del segnale. Questo è portato all'esterno (utilizzazione) tramite C8 che ha una capacità tanto grande da non influire sulla linearità, e le resistenze R7-R8, R9-R10. Il potenziometro P2 gradua minuziosamente l'uscita, da zero al massimo.

Per il funzionamento dell'IC come multivibratore astabile, serve la "doppia alimentazione", ovvero il positivo ed il negativo isolati, con lo zero centrale.

Per ottenerla, si usa un trasformatore d'alimentazione munito di doppio secondario (11 + 11 V) ed un ponte di diodi (da D1 a D4) che servono i due rami della tensione positiva e negativa.

In conclusione, il generatore, pur essendo classificabile tra gli apparecchi "semplificati", può offrire prestazioni di tipo notevolmente elevato.

Vediamo ora il montaggio.

Ovviamente l'apparecchio impiega un solo circuito stampato, che si vede nella figura 76. Si potrebbe dire che per la realizzazione serve un solo pomeriggio, o una sola serata, tanto per rifarsi ad una definizione classica, che appunto testimonia del

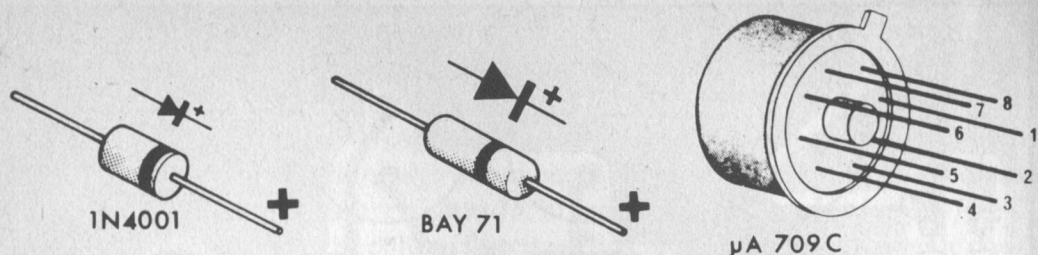



Figura 77. Connessioni di tutti i semiconduttori impiegati. I diodi 1N4001 non devono essere scambiati con i BAY71, che hanno altre caratteristiche, e viceversa.

non soverchio impegno. La figura 77 mostra le connessioni di tutti i semiconduttori impiegati, ed ovviamente i diodi, prima di tutto, non debbono essere scambiati tra di loro (!) mentre è necessario orientare con estrema precisione l'IC, direzionando la tacca che sporge dall'involucro metallico come si vede nella figura 76 già citata.
Anche per questo assemblaggio, valgono le solite raccomandazioni; il lavoro deve iniziare dalle parti più piccole ed aderenti alla basetta plastica, gli elettrolitici ed i controlli devono essere montati in un secondo tempo.
È da notare, che l'apparecchio è previsto per il fissaggio "a pannello"; in altre parole, tutti i comandi sporgono in alto, cosicché, prevedendo un contenitore metallico (che certo non può essere trascurato, in un apparecchio come questo) gli alberini dei P1 e P2, nonché la leva del deviatore di banda, possono spuntare sul fronte, se il complesso è "sospeso" acconciamente tramite distanziali. Se vi sono dei problemi per affrontare un montaggio del genere, sia i potenziometri che il commutatore a slitta possono essere montati come meglio si crede fuori dallo stampato e sul pannello, effettuando le connessioni (brevi) alle piste, mediante fili flessibili.
In sostanza, l'assetto definitivo del complesso dipenderà molto dal contenitore disponibile o da quello che si vuole scegliere.
Prima di effettare il collaudo occorre il classico e minuzioso controllo, da non trascurare mai per qualche ragione.
La prima prova atta a stabilire se il generatore funziona bene, può essere quella dell'assorbimento; impiegando il multimetro visto, o anche un vecchio strumento analogico, una volta data corrente, si dovrebbe constatare una intensità assorbita di circa 7,5 mA, con una tolleranza del 10%. Se la corrente è assai più forte vi sono guai in vista; probabilmente l'IC è connesso male; si deve togliere *subito* l'alimentazione e procedere al riscontro.
Se non si legge alcuna corrente, la situazione deve preoccupare ugualmente; anche in questo caso è necessario staccare la rete e procedere alle verifiche; ad esempio, vi potrebbe essere un "pin" dell'integrato che non risulta in circuito, collegato con una saldatura fredda. Se invece il valore è normale, o vicino al normale, si potrà controllare con il multitester digitale il valore d'uscita, e tramite un oscilloscopio si potrà verificare che la forma d'onda sia indistorta, ben quadra, con i tratti in salita ed in discesa pressoché a 90°.

Per chi possiede un oscilloscopio appunto, o ha intenzione di acquistarlo, dirò brevemente della prova degli amplificatori HI-FI con le onde quadre.
Il sistema da valutare sarà munito di un carico fittizio adatto ai valori d'uscita; per esempio, per un amplificatore dalla potenza di 25W ed 8 Ω, si userà una resistenza a filo del tipo a "mattone" da 30W ed 8,2 Ω (5%).
Ai capi di questa resistenza si collegherà il canale verticale l'oscilloscopio, e regolati normalmente tutti i controlli, all'ingresso dell'amplificatore si porterà il segnale quadro, regolando lo spazzolamento orizzontale dell'oscilloscopio e l'eventuale trigger sulla frequenza scelta. Di solito le prove si effettuano a 1.000 Hz, a 5.000 Hz ed a 10.000 Hz.
Se l'onda quadra in tutte e tre i casi rimane ... quadra, e la si scorge tale sullo schermo dell'oscilloscopio, indubbiamente l'amplificatore ha una risposta eccellente, una stabilità migliore del comune, ed in sostanza è di classe elevata.
Se per contro il tratto superiore dell'onda quadra s'inclina verso destra, si avrà una risposta non molto buona sulle frequenze basse, con uno slittamento di fase; per esempio, il complesso amplificatore inizierà a tagliare verso i 200 Hz. Ovviamente, più è inclinata l'onda, peggiore è il responso. Il difetto può dipendere da condensatori di accoppiamento del valore troppo basso o da un controllo di tono semplicemente regolato male, o da qualche controreazione che lavora troppo selettivamente, oltre che ad un guasto.
Se la linea superiore s'inclina verso sinistra, il responso sarà cattivo per le frequenze elevate, diciamo oltre 10.000 Hz.
Le cause di questo malfunzionamento possono essere davvero innumerevoli; gua-

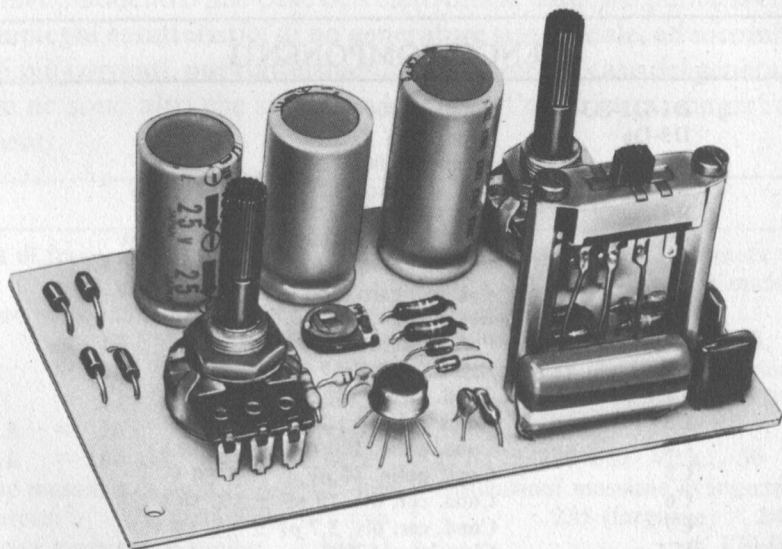



Figura 78. Aspetto del generatore di onde quadre montato, ma privo dell'involucro e del trasformatore d'alimentazione. Come si vede, tutti i controlli dal comune impiego sporgono in alto.

sto, controreazione regolata male, eccessive capacità parassitarie ...
Gli arrotondamenti del bordo d'ingresso del segnale indicano comunque che vi è un serio difetto, nel complesso misurato, che la banda è ristretta e non tale da potersi definire HI-FI, specie se la deformazione inizia già a manifestarsi a 1.000 Hz.
Se i tratti orizzontali non hanno soverchie pendenze, ma si presentano come "frastagliati", l'amplificatore non è stabile, ma al contrario tende ad oscillare, magari supersonicamente, se all'ascolto non appaiono fischi, ma si ode solo una notevole distorsione. Anche le cause delle oscillazioni parassitarie sono tantissime: insufficiente controreazione, guasto nel circuito di controreazione, regolazione erronea; oppure errata o insufficiente compensazione di fase.
Se l'onda quadra tende ad apparire come un semiperiodo, con l'arrotondamento del bordo d'ingresso e di uscita, l'amplificatore è veramente ... "una catastrofe" ed ha una banda passante estremamente modesta, una compensazione di fase pessima, un regolazione tutta da rivedere.
Comunque, lo ripeto, i generatori di onde quadre non servono solo per misurare i sistemi HI-FI, ed il lettore, man mano che aumenterà il suo bagaglio di conoscenze, scoprirà da solo quanti altri impieghi vi siano per questi strumenti, ed anche per quello descritto, che nella sua compatezza ha una perfetta validità anche nelle misure un pò critiche e negli utilizzi meno consueti.

ELENCO COMPONENTI

D1-D2-D3-D4	**Diodi 1N4001**
D5-D6	**Diodi BAY 71**
R1	**Trimmer 100 kΩ**
R2-R3	**Res. str. carb. 12 kΩ ± 5% 0,25 W**
R4	**Res. str. carb. 47 Ω ± 5% 0,25 W**
R5	**Res. str. carb. 100 kΩ ± 5% 0,25 W**
R6	**Res. str. carb. 1,8 kΩ ± 5% 0,25 W**
R7-R9	**Res. str. carb. 560 kΩ ± 5% 0,25 W**
R8-R10	**Res. str. carb. 39 Ω ± 5% 0,25 W**
P1	**Pot. 22 kΩ lin.**
P2	**Pot. 2,2 kΩ lin.**
C1-C2-C8	**Cond. elettr. 1000 μF 25 V vert.**
C3	**Cond. polie. 1 μF ± 10% 50 V**
C4	**Cond. polie. 100 nF ± 10% 50 V**
C5	**Cond. polie. 10 nF ± 10% 50 V**
C6	**Cond. cer. dis. 10 pF ± 5% 50 V**
C7	**Cond. cer. dis. 2,7 pF ± 5% 50 V**
IC1	**Circ. int. μA709C**
1	**Deviatore a cursore 3 posizioni**
1	**Circuito stampato**

GENERATORE DI SEGNALI BF 10 Hz - 800 kHz (UK 570/S)

Malgrado il generatore ad onde quadre abbia un gran numero di utilizzi possibili, e che diversi tecnici lo preferiscano per prove da farsi nel campo dell'HI-FI, si può tranquillamente dire che la sorgente di segnali "principale", quella che non può mancare in alcun laboratorio, è il generatore sinusoidale a larga banda. Ne descrivo ora uno di tipo semiprofessionale, che ha quell'accoppiamento di doti che ogni costruttore ricerca per i suoi prodotti: il basso costo (risultante da una semplicità elevata) unito alle prestazioni molto elevate.

Questo raro abbinamento deriva dall'impiego di un circuito particolarmente ben progettato, che pur essendo a transistor, non le cede a quelli più moderni impieganti i vari C-MOS.

Ma del circuito dirò tra poco; al momento vorrei far notare a chi legge le prestazioni, appunto per sottolineare la duttilità dello strumento; in particolare la grandissima estensione delle bande di frequenza: vedere le caratteristiche tecniche a fondo pagina.

Il lettore meno addentro alle cose dell'elettronica, a questo punto si chiederà quali sono gli impieghi caratteristici di un generatore sinusoidale, ed eccomi a puntualizzare quelli più correnti, pur riaffermando che, come nel caso del generatore ad onde quadre, ve ne sono altri che si apprendono con l'esperienza, magari combinando più strumenti.

CARATTERISTICHE TECNICHE	
Gamma di frequenze: da 10 Hz a 800 kHz, in cinque sottogamme, così predisposte:	**Distorsione:** minore dello 0,4% per la massima uscita
× 1 = 10 — 100 Hz	**Transistori impiegati:** 2 x BC108, 1 x BC301
× 10 = 100 — 1.000 Hz	**Rettificatore per l'alimentazione:** tipo BS2 a ponte
× 100 = 1 — 10 kHz	**Alimentazione:** 117-125/220-240 Vc.a., 50 ÷ 60 Hz
× 1 k = 10 — 100 kHz	**Dimensioni massime di ingombro:** 235 (larghezza) × 140 (altezza) × 170 (profondità)
× 10 k = 100 kHz — 800 kHz	**Peso:** 1.050 g
Tensione massima di uscita: 1,5 V_{eff}	
Attenuatore: a variazione continua	
Impedenza massima di uscita: 1.000 Ω	
Responso alla frequenza: lineare entro ± 2 dB tra 10 Hz ed 800 kHz	

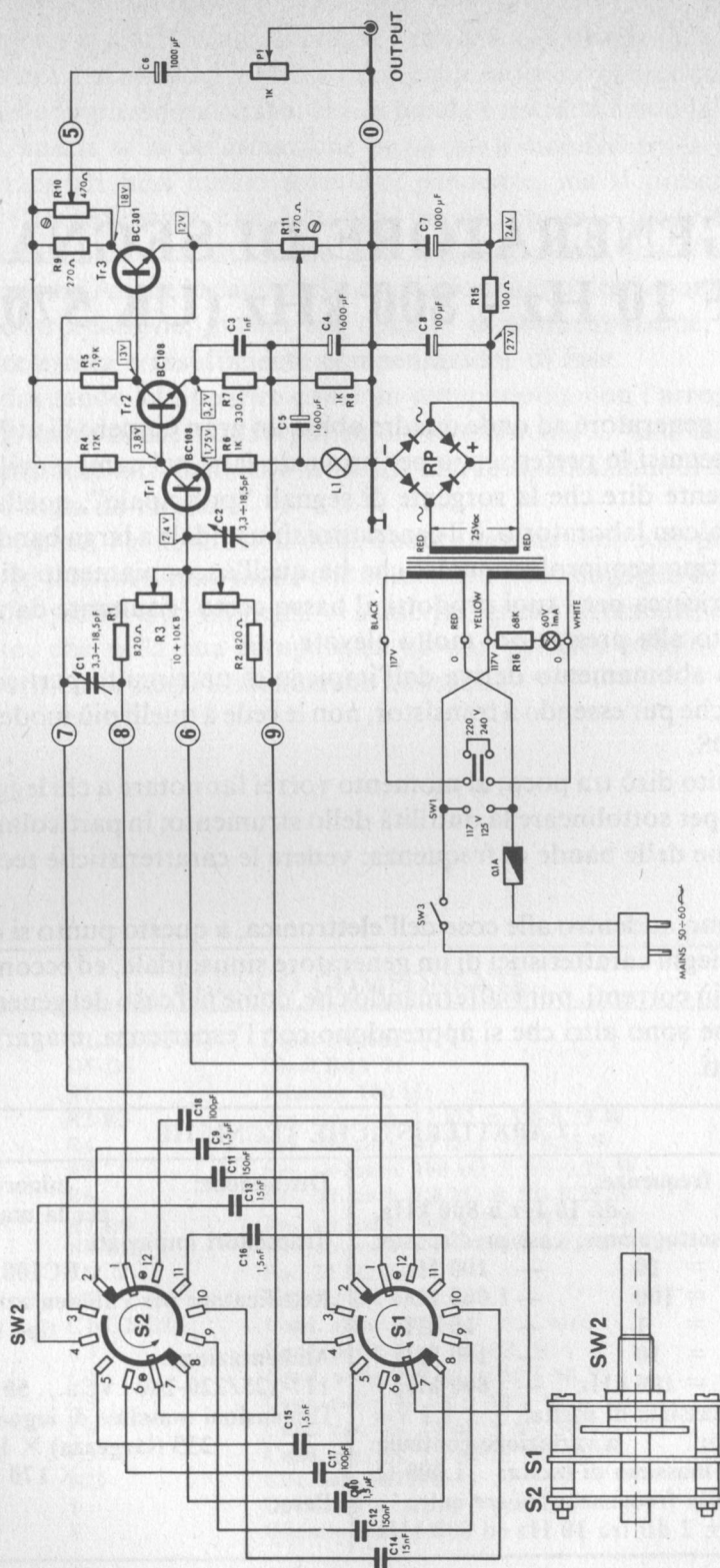



Figura 79. Schema elettrico del generatore sinusoidale. I primi due stadi, TR1 e TR2, funzionano in un ponte di Wien. TR3 serve come amplificatore-separatore.

Di base, un generatore sinusoidale serve per:

— controllare il responso in frequenza di stadi amplificatori BF, o di interi sistemi d'amplificazione, in alternativa a quello ad onde quadre.
— misurare la distorsione armonica dei complessi HI-FI o dei vari componenti (con un distorsiometro).
— misurare la potenza di qualunque amplificatore audio (in unione ad un wattmetro).
— misurare la sensibilità d'ingresso di amplificatori.
— regolare e mettere a punto i circuiti di equalizzazione e di controreazione.
— controllare le caratteristiche ed il responso dei filtri passa-alto e passa-basso

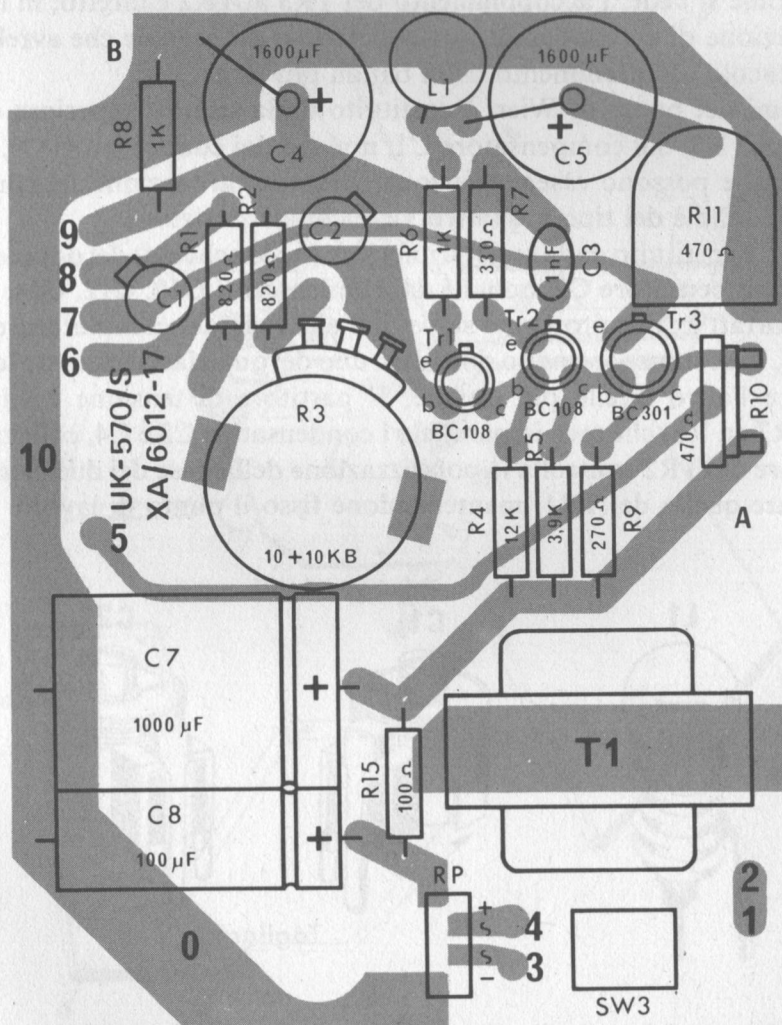



Figura 80. Disegno della basetta a circuiti stampati vista dal lato dei componenti.

montati negli amplificatori, nelle luci psichedeliche e nei diversi apparati professionali come gli strumenti stessi.
— controllare la stabilità degli amplificatori.
— controllare la banda passante dei voltmetri per tensioni alternate.
— controllare l'efficienza degli amplificatori ultrasonici e la loro banda passante.
Grazie alla particolare estensione delle gamme di frequenza di questo generatore, è possibile anche mettere a punto gli stadi amplificatori di media frequenza (!) dei radioricevitori ad onde medie e lunghe.
Ciò premesso, vediamo il circuito: figura 79.
L'oscillatore è basato sulla configurazione a ponte di Wien, notoriamente stabile ed a bassissima distorsione. Il ponte è formato da TR1, TR2 (nonché dalle parti passive associate, com'é logico), mentre il TR3 funge da amplificatore-separatore d'uscita. Come si vede, l'accoppiamento del TR3 al TR2 è diretto; in tal modo si evita l'inserzione di un condensatore nel percorso del segnale che avrebbe potuto essere d'ostacolo all'ottenimento della banda più larga.
Uno dei rami del ponte di Wien è costituito dalla sezione superiore del doppio potenziometro R3, dal compensatore C1, nonché dai condensatori C9, C11, C13, C15, e C17 che possono essere selezionati tramite due sezioni del commutatore rotante SW4, che è del tipo a quattro vie e cinque posizioni.
L'altro ramo è costituito dalla sezione inferiore (nello schema) del doppio potenziometro, dal compensatore C2, nonché dai condensatori C10, C12, C14, C16 e C18 che sono portati in circuito come serve dall'altra via del commutatore.
I rami detti, in sostanza formano due filtri, uno dei quali lascia passare le frequenze più basse, e l'altro quelle più elevate. Il partitore di tensione costituito dalle resistenze R7 ed R8, che reca in parallelo i condensatori C3 e C4, collegato in serie all'emettitore del TR2 controlla la polarizzazione della base dei due primi stadi, ed in particolare quella del TR1, mantenendone fisso il punto di lavoro.

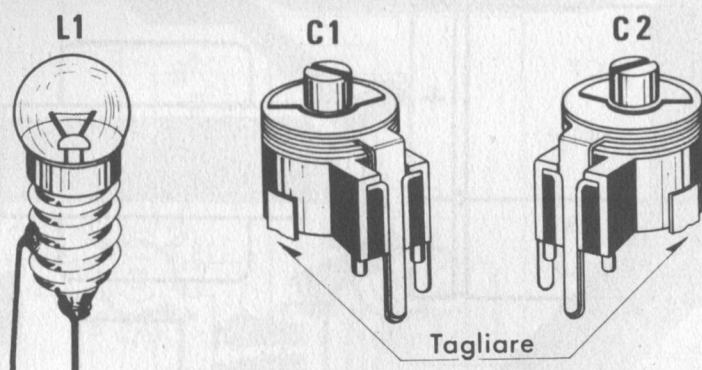



Figura 81. A sinistra si vede la tecnica di applicazione dei terminali saldati alla lampada L1, prima di fissarla sulla basetta a circuiti stampati, e a destra mette in evidenza quali siano le linguette dei compensatori C1 e C2 che devono essere tagliate prima di eseguirne l'installazione sul circuito stampato.

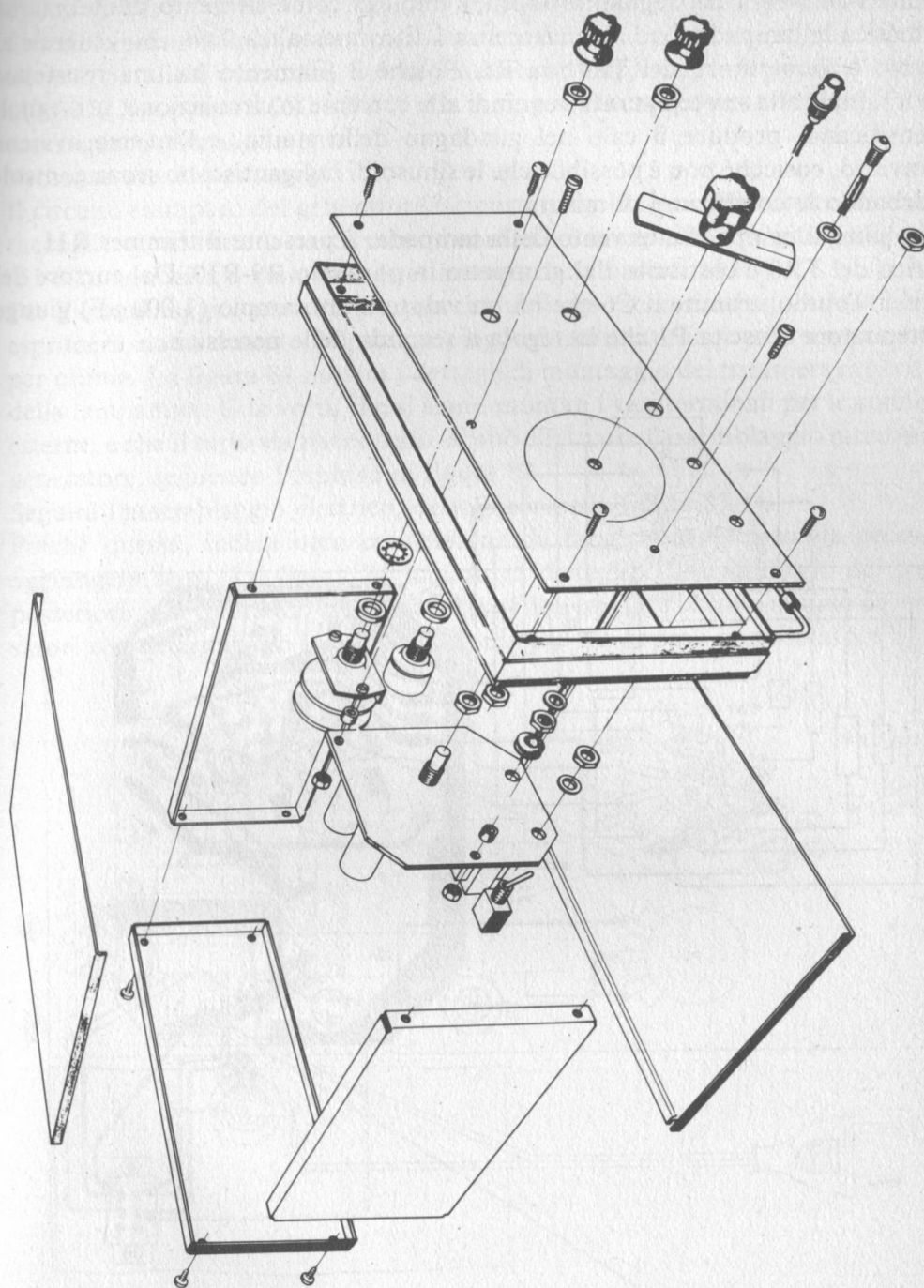



Figura 82. Disegno « espolso » dell'intero generatore, illustrante le reciproche posizioni della basetta a circuito stampato, della mascherina frontale, e dei vari componenti dell'involucro esterno.

Per minimizzare la distorsione, dall'uscita si preleva una frazione dei segnali e la si retrocede alla base dei TR1 formando un anello di controreazione. Per mantenere costante l'ampiezza dei segnali prodotti, s'impiega come elemento di correzione automatica la lampadina ad incandescenza L1, connessa tra il ritorno generale al negativo e l'emettitore del TR1 via R6. Poiché il filamento ha una resistenza proporzionale alla sua temperatura quindi alla corrente in circolazione, se i segnali s'intensificano, produce il calo nel guadagno dello stadio, e l'inverso avviene nell'inverso, cosicché non è possibile che le sinusoidi ingigantiscano senza controllo, turbando le conduzioni di misura.

Per stabilire il campo d'intervento della lampada, è presente il trimmer R11.

Il carico del TR3 è costituito dal gruppetto in parallelo R9-R10. Dal cursore del trimmer, l'audio, tramite il C6 che ha un valore molto ampio (1.000 μF) giunge all'attenuatore d'uscita P1 che lo regola a seconda delle necessità.

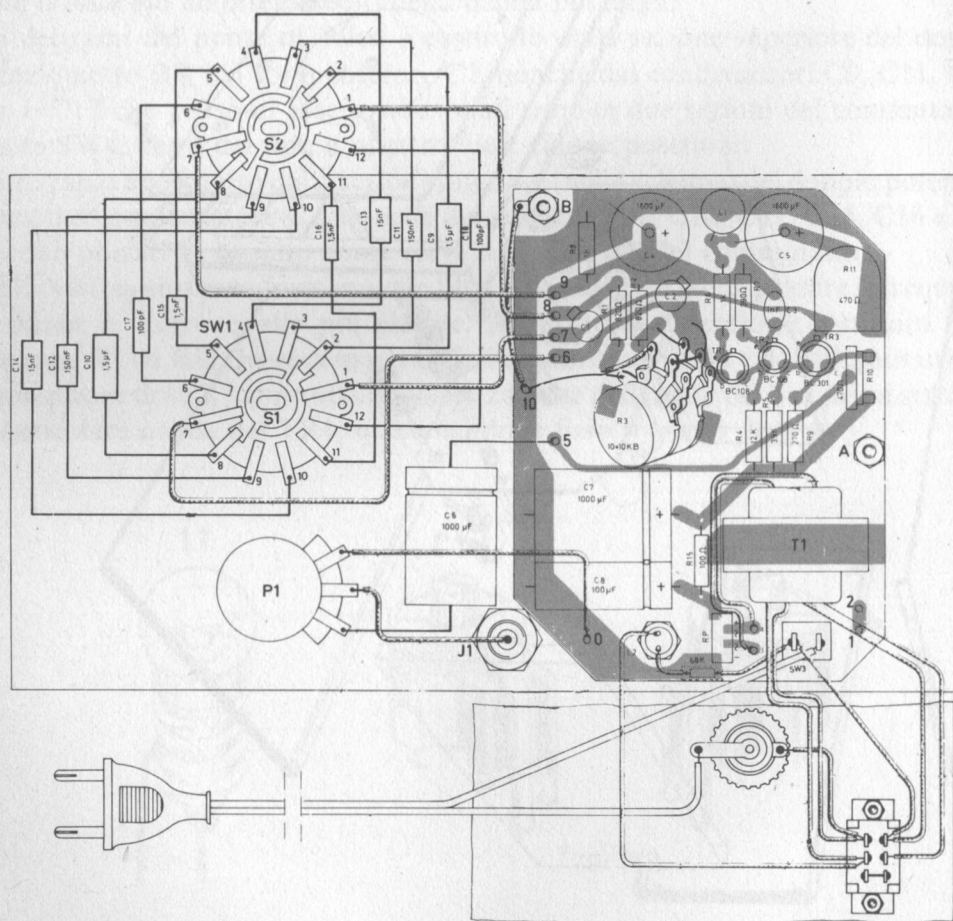



Figura 83. Assemblaggio elettrico e relativi dettagli.

Il circuito è alimentato dalla rete con un circuito convenzionale che impiega il trasformatore d'alimentazione T1, il rettificatore a ponte PR ed il filtro a "p-greco" C8, R15, C7.
Come si vede, il primario del trasformatore è doppio per poter eseguire la connessione in parallelo ed in serie, con la possibilità d'impiegare la tensione d'ingresso a 110 - 115 V, oppure a 220 - 240 V. La lampada al neon posta in serie ad R16 serve come spia di funzionamento.
Vediamo ora il montaggio.
Il circuito stampato del generatore è riportato nella figura 80, e, come si vede esso raccoglie quasi tutte le parti, meno i controlli e le capacità che giungono ad SW2 (S1-S2), nonché C6 connesso direttamente dalla basetta al P1.
Per l'assemblaggio, non mi sembra che vi siano raccomandazioni particolari da esprimere, naturalmente, le parti più ingombranti, saranno come sempre montate per ultime. La figura 81 mostra i dettagli di montaggio dei trimmers capacitativi e della lampadina. Una volta che si siano montati i vari terminali per le connessioni esterne, e che il tutto sia riscontrato, si può effettuare l'assemblaggio meccanico del generatore, seguendo l'esploso di figura 82.
Seguirà l'assemblaggio elettrico, dettagliato nella figura 83.
Poiché questa, indica ogni connessione da farsi, non v'é certo la necessità di aggiungere altro. La figura 84 mostra in dettaglio l'assemblaggio del pannello posteriore, e la figura 85, indica come si debba eseguire la connessione dei condensatori che determinano le bande di frequenze sul doppio commutatore S1-S2.

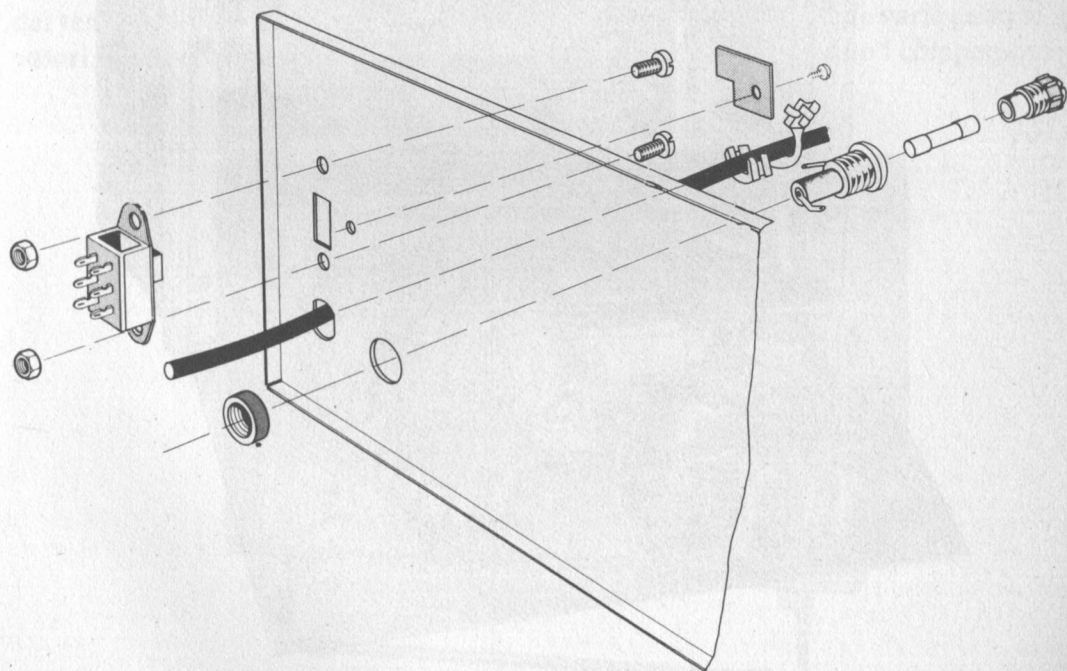



Figura 84. Montaggio del pannello posteriore.

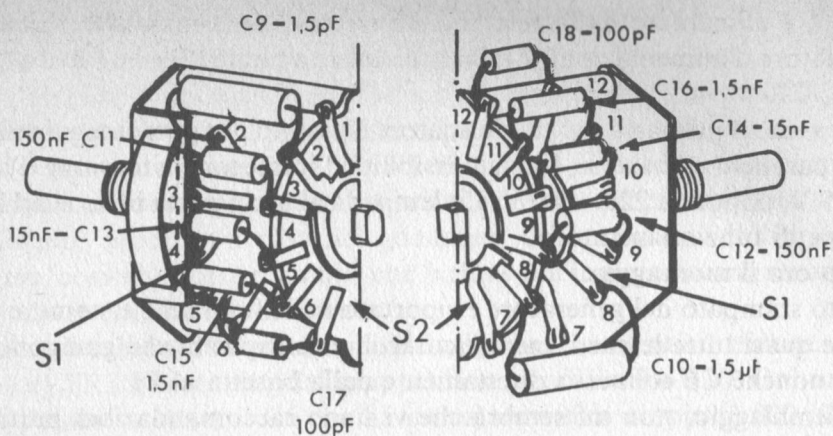



Figura 85. Collegamento dei condensatori che determinano le bande di lavoro sul commutatore SW2.

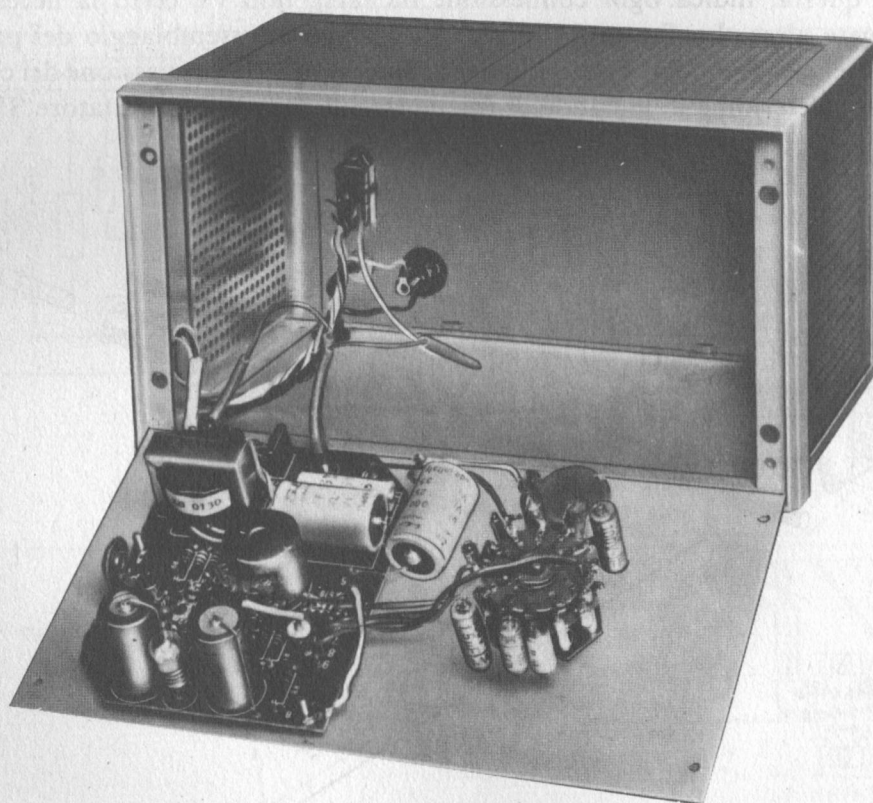



Figura 86. Lo strumento ultimato; come si nota, tutte le parti si trovano ben in vista dietro al pannello, ed in tal modo vi è una notevole facilità per ispezioni e riparazioni future che si rendessero necessarie.

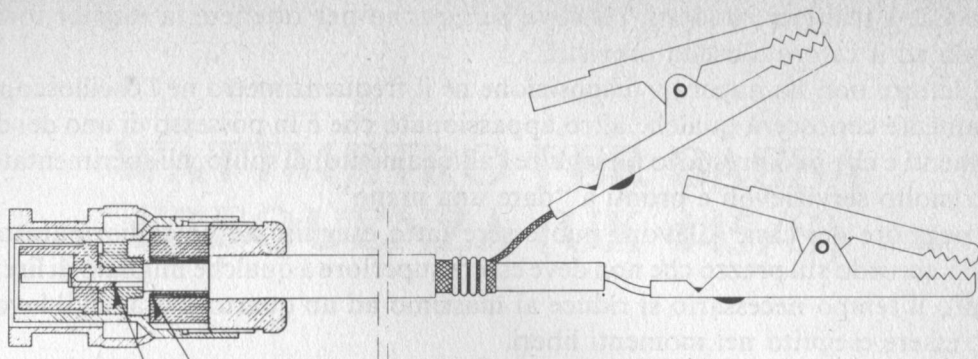



Figura 87. Tecnica di allestimento del cavetto di prova.

La foto di figura 86, infine, presenta il generatore ultimato e pronto al collaudo. Per questo, prima di tutto, impiegando il multimetro digitale che ho descritto in precedenza, si devono controllare le tensioni presenti nei vari punti del circuito; se il lettore rivede la figura 79, noterà che i diversi valori sono inseriti dentro a dei rettangoli. Data tensione, vi deve essere rispondenza quasi perfetta tra i valori scritti e quelli indicati; è ammessa, al massimo, una tolleranza del 10%.
Per calibrare le frequenze, si porteranno a metà corsa i trimmer semifissi R10 ed R11, poi applicherà all'uscita un frequenzimetro o un oscilloscopio munito di base dei tempi calibrata, e si controllerà la rispondenza della scala nelle varie gamme ai valori effettivamente disponibili. Per la calibrazione si regoleranno i compensatori

Figura 88. Il generatore montato e pronto all'uso.

C1 e C2. I trimmer suddetti, resistivi, serviranno per ottenere la miglior forma d'onda ed il valore d'uscita previsto.
Se il lettore non ha ancora a disposizione né il frequenzimetro né l'oscilloscopio, certamente conoscerà qualche altro appassionato che è in possesso di uno dei due strumenti e che può prestarlo o eseguire l'allineamento; di solito, gli sperimentatori sono molto servizievoli e pronti a "dare una mano".
Nel peggiore dei casi, il lavoro può essere fatto eseguire ad un radioriparatore, previo accordo sul prezzo che non deve essere superiore a qualche migliaio di lire, in quanto il tempo necessario si riduce al massimo ad un quarto d'ora, ed il lavoro può, essere eseguito nei momenti liberi.
Per concludere, nella figura 87 si vede come deve essere assemblato il cavetto d'uscita, che sarà collegato agli apparecchi in prova. Per evitare che al segnale indistorto d'uscita si sommi il ronzio di rete, s'impiega una spina BNC ed un conduttore schermato.

ELENCO COMPONENTI

R1-R2	Resist. 820 Ω - 0,5 W	2	Dadi 3M
P3	Potenz. acc. 3 dB 10 + 10 kΩ B	1	Gommino
R4	Resist. 12 kΩ - 0,5 W	1	Trasformatore di alimentazione
R5	Resist. 3,9 kΩ - 0,5 W	2	Viti 3M x 6
R6-R8	Resist. 1 kΩ - 0,5 W	1	Deviatore a cursore (cambio tensione)
R7	Resist. 330 kΩ - 0,5 W	2	Dadi 3M
R9	Resist. 270 kΩ - 0,5 W	1	Piastrina regolazione voltaggio
R10	Potenz. semifisso 470 Ω	1	Portafusibile
R11	Potenz. semifisso 470 Ω	1	Fusibile rapido 0,1 A
R15	Resist. 100 Ω - 0,5 W	1	Ferma cordone
R16	Resist. 68 kΩ - 0,33 W	TR1-TR2	Transistori BC108B
C1-C2	Compensatori 3,3 ÷ 18,5 pF - 50 V c.c.	TR2	Transistore BC301 (Gruppo 4)
C3	Cond. 1 nF - 500 V c.c.	RP	BS2 raddrizzatore a ponte
C4-C5	Cond. 1600 μF - 10 V c.c.	cm. 25	Filo rame stagnato
C6-C7	Cond. 1000 μF - 25 V c.c.	cm. 60	Trecciola isolata
C8	Cond. 100 μF - 50 V c.c.	cm. 5	Tubetto sterlingato ∅ 4
C9-C10	Cond. 1,5 μF - 100 V c.c.	cm. 15	Tubetto sterlingato ∅ 1,5
C11-C12	Cond. 150 nF - 400 V c.c.	1	Terminale a occhiello
C13-C14	Cond. 15 nF - 125 V c.c.	m. 1	Cavo schermato unipolare ∅ 4,5
C17-C18	Cond. 100 pF - 500 V c.c.	2	Pinze a coccodrillo
P1	Potenz. lineare 1 kΩ	1	Cavo di alimentazione
SW2	Commutatore 4 vie 5 pos. 2 sett.	1	Assieme mascherina frontale
SW3	Interruttore con leva a pera	1	Pannello superiore
L1	Lampadina sferica 6 V - 50 mA	1	Pannello inferiore
L2	Lampadina al neon 60 V - 1 mA	1	Pannello posteriore
1	Spina volante	2	Fiancate reversibili
1	Presa da pannello	1	Cornice
2	Manopole a indice	1	Supporto inclinazione strumento
1	Manopola a indice per sintonia	2	Piedini
1	Circuito stampato	2	Feltrini
1	Ancoraggio per C.S.	2	Prestole
2	Rondelle distanziatrici	4	Viti autofilettanti 2,9 x 9,5
2	Viti 3M x 10	5	Viti autofilettanti 2,9 x 6,5
2	Distanziatori	1	Conf. stagno

WATTMETRO PER BASSA FREQUENZA (UK 445/S)

Una volta che il lettore sia in possesso anche dei generatori, il laboratorio comincia ad essere davvero nutrito, ma per la miglior valutazione dei complessi di riproduzione audio ed HI-FI, manca ancora uno strumento che si può definire fondamentale; il wattmetro BF. Certo, disponendo del multimetro digitale, visto, la misura dei watt potrebbe anche essere eseguita tramite le letture in tensione effettuate ai capi di adatti carichi fittizi, ma la procedura è complicata ed occorre fare alcuni calcoli. Il wattmetro è più pratico, e tra l'altro non è certo tra gli strumenti più costosi; anzi.

Tratterò qui un misuratore della potenza che permette la lettura istantanea del livello d'uscita espresso sia in watt che in dB senza che sia necessario l'impiego di resistenza di carico, almeno sino a valori di 15W, in quanto esse fanno già parte della circuiteria del complesso.

Lo strumento, per la maggior accuratezza nella misura, ha tre portate: 1,5W fondo-scala, 15W e 150W.

Grazie a questa disponibilità, il wattmetro si presta al controllo diretto (senza calcoli) delle potenze d'uscita fornite pressoché da ogni amplificatore audio, con la gamma pratica di letture che si estende da 10 mW (0,01W) a 150W, che sono leggibili sulla scala dei W.

La seconda scala prevista, è riferita solo ai rapporti di potenza, quindi è tarata in decibel, ed è indipendente dal valore del carico; in pratica, i valori espressi sono in dBm, anziché in dB, ma ciò non rappresenta un problema, nell'uso di ogni giorno. Sebbene la scala sia riferita alla portata base di 1,5W, può essere facilmente adattata ai due valori più grandi aggiungendo alla lettura 10 oppure 20 dB a seconda che si voglia operare su potenze di 15 o 150W fondo scala.

Infatti, consultando qualunque tabella dei valori in decibel riferiti ai rapporti di potenza, è facile stabilire che:

15 : 1,5 = 10 (10 dB), e che, identicamente:

150 : 1,5 = 100
(ovvero 20 dB).

Poiché la maggior parte delle apparecchiature audio funzionanti a bassa frequenza normalmente disponibili in commercio o autocostruite prevedono i carichi stan-

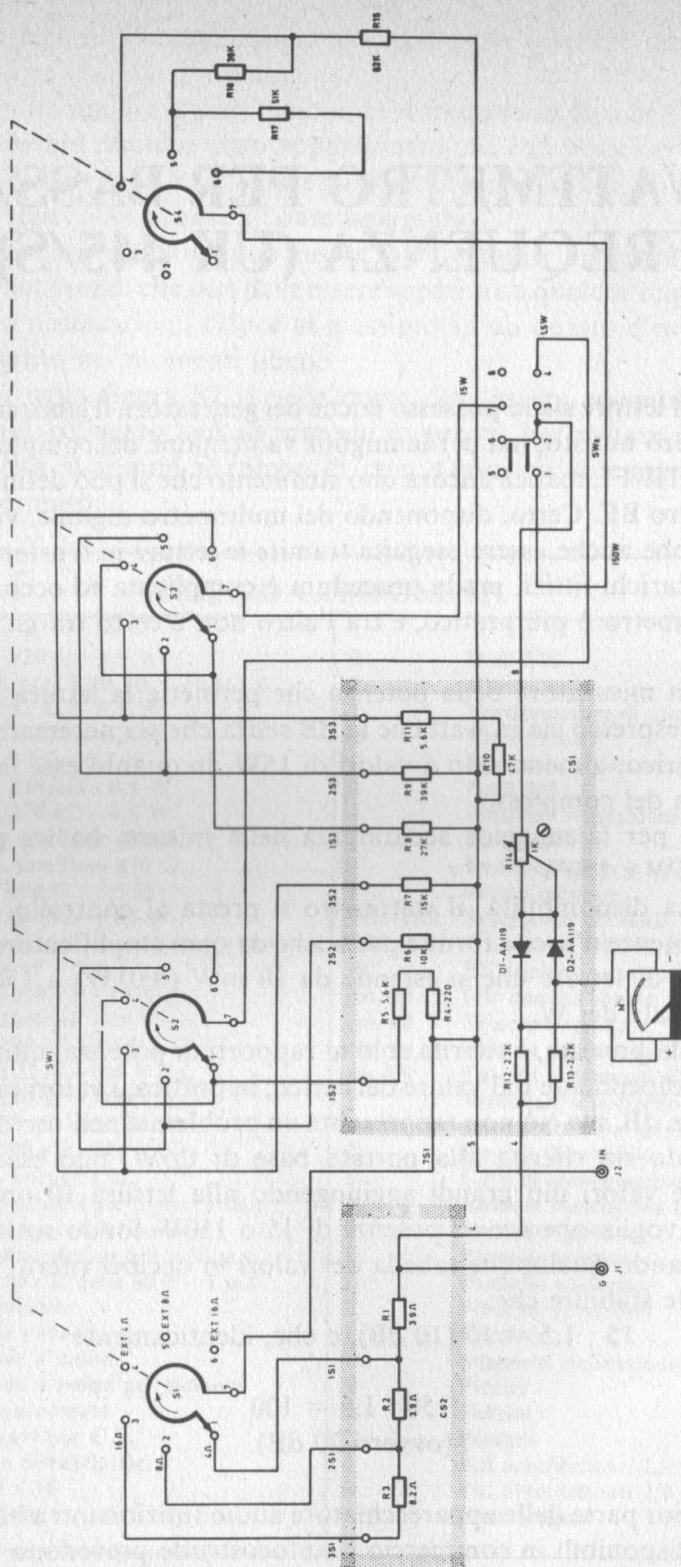



Figura 89. Schema elettrico del wattmetro. In pratica si tratta di un voltmetro per correnti alternate, nel quale, i valori della tensione letta ai capi del carico scelto, interno o esterno, sono convertiti direttamente in livelli di potenza espressi in watt oppure in dB.

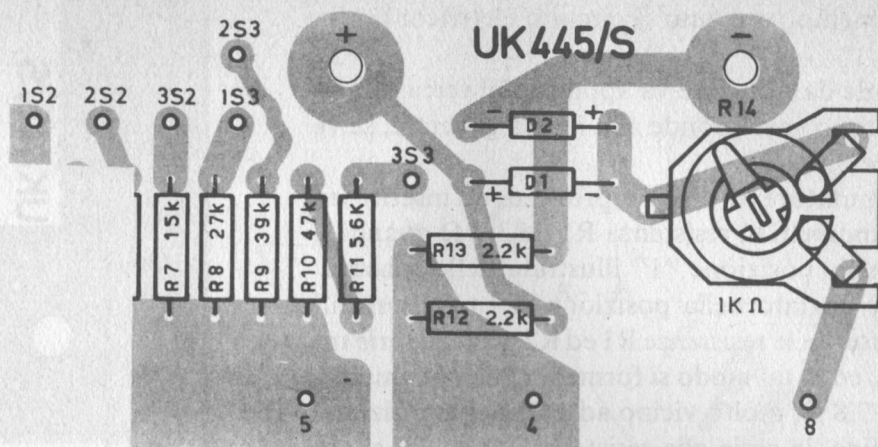



Figura 90. Circuito stampato che comprende tutte le parti della sezione voltmetrica.

dardizzati di 4,8 e 16 Ω, lo strumento può essere impiegato per eseguire ogni tipo di misura senza interpolazione matematica.

Il responso in frequenza del wattmetro, grazie al funzionamento completamente passivo (non si impiegano amplificatori) ed all'assenza di capacità di disaccoppiamento, è sostanzialmente lineare da una frequenza minima di 10 Hz ad una massima di circa 250 kHz; in altre parole, lo si può impiegare anche per la misura di generatori ultrasuonici ed RF ad onde lunghe.

Il wattmetro consente l'esecuzione di numerose misure, come il rilevamento di una curva di responso nei confronti della frequenza (il generatore da connettere all'ingresso dell'apparecchio allo studio sarà quello visto nello scorso capitolo); e la valutazione del minimo pilotaggio per la normale potenza d'uscita; la valutazione della sensibilità in antenna di un radioricevitore alla normale potenza d'uscita; in unione ad un eventuale distorsiometro si potranno eseguire tutte le prove del massimo limite della potenza indistorta, distorta per un determinato tasso e via di seguito.

Durante le misure di laboratorio, è normale riferire i valori d'uscita a carichi puramente resistivi, quindi per le misure sino a 1,5W oppure sino a 15W si possono usare le resistenze antinduttive comprese nello strumento. Per valori più grandi è possibile aggiungere esternamente un carico che giunga sino a 150W, che non potrebbe essere incluso nell'involucro per non pregiudicare le dimensioni del wattmetro e per non generare un calore interno che avrebbe potuto divenire pregiudizievole.

In altri casi, il carico fittizio non servirà, in quanto le misure potranno essere effettuate direttamente ai capi degli altoparlanti e delle casse acustiche che rappresenteranno il carico "naturale" del sistema sottoposto a valutazione. In quest'ultimo caso, è sufficiente collegare i serrafili d'ingresso alla linea che collega l'amplificatore ai diffusori.

Detto così della notevole semplicità d'impiego dello strumento, vediamo il circuito elettrico: figura 89.
Il segnale da misurare va applicato ai serrafili J1 e J2; il primo corrisponde alla massa generale, se ve n'é necessità.
Il commutatore S1 di SW1, provvede ad inserire tra questi morsetti la resistenza R1 da 3,9 Ω quandi si trova nella posizione "1" illustrata nello schema.
Se S1 è portato nella posizione "2" tra i serrafili sono inserite le resistenze R1 ed R2 poste in serie tra di loro, ed in tal modo si forma un valore complessivo dì 7,8 Ω, molto vicino ad 8 Ω. Nella posizione "3" infine, in serie alle resistenze R1 ed R2 si aggiunge la R3, dal valore di 8,2 Ω, in modo da avere un carico complessivo di 16 Ω.
Nelle altre posizioni non vi è un carico interno perché si prevede l'impiego della resistenza esterna da 150W.
Il segnale applicato segue anche una seconda via: attraverso le resistenze R4 ed R5, in serie tra di loro, tramite R12 ed R13 giunge al settore di misurazione. Questo è praticamente voltmetrico, ovvero opera come dicevo prima per la misura delle potenze con il multimetro digitale; in pratica, se indichiamo con V la tensione presente ai capi di un carico e con P la potenza che è dissipata dal medesimo carico, nonché con R il suo valore resistivo, si può determinare P con la seguente formuletta:

$$V = \sqrt{P R}$$

In pratica quindi, lo strumento indicherà i watt per analogia, ovvero sotto forma di tensione ma in stretta relazione con il carico e la potenza.
Poiché la tensione che si presenta all'uscita di un amplificatore, evidentemente è alternata, è necessaria la rettificazione ad opera del mezzo ponte costituito da D1 e D2. Il trimmer R14 serve semplicemente per la taratura del tutto.
Le portate voltmetriche, o in "watt analogici" sono stabilite da R4, R5, R6, ed R7, per 1,5W e da R9, R10 ed R11 per 15W.

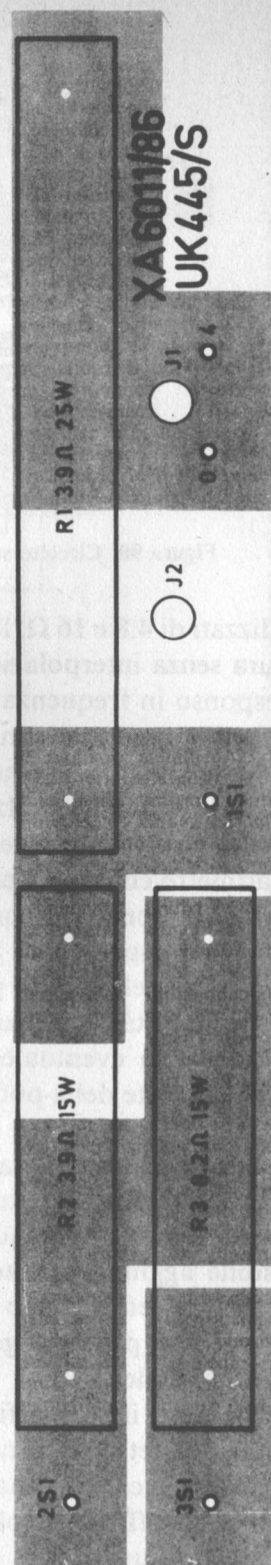



Figura 91. Circuito stampato che supporta le sole resistenze di carico, dall'ampia dissipazione.

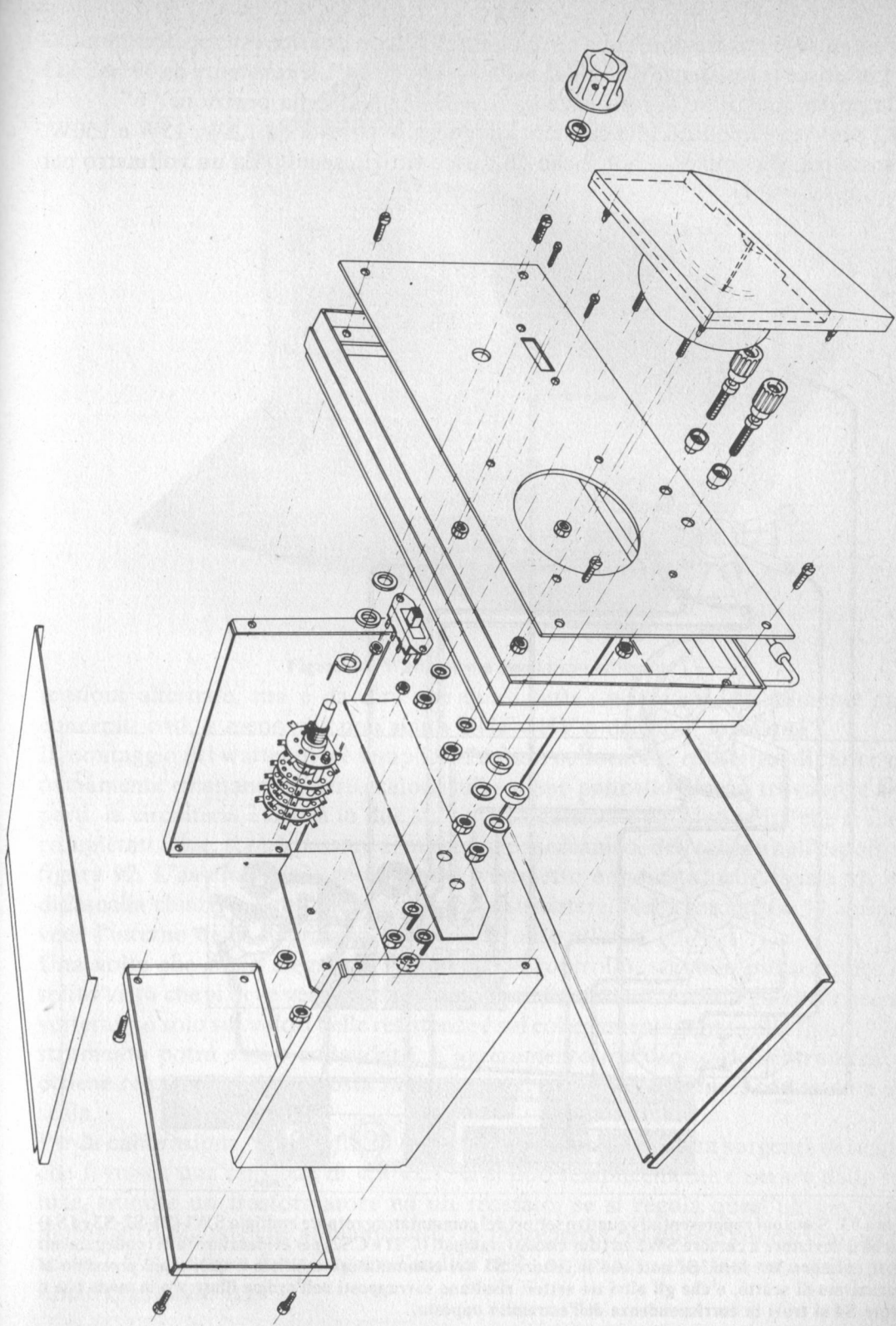



Figura 92. Vista esplosa dello strumento.

Per eseguire le misurazioni sulla portata di 150W, con il carico esterno, il commutatore inserisce le resistenze da 82 **kΩ** nella posizione "4", le resistenze da 39+82 **kΩ** nella posizione "5", e le resistenze da 51+39+82 **kΩ** nella posizione "6".
SW2 provvede appunto alla commutazione tra le portate da 1,5W, 15W e 150W.
In sostanza, il complesso non è che un carico fittizio seguito da un voltmetro per

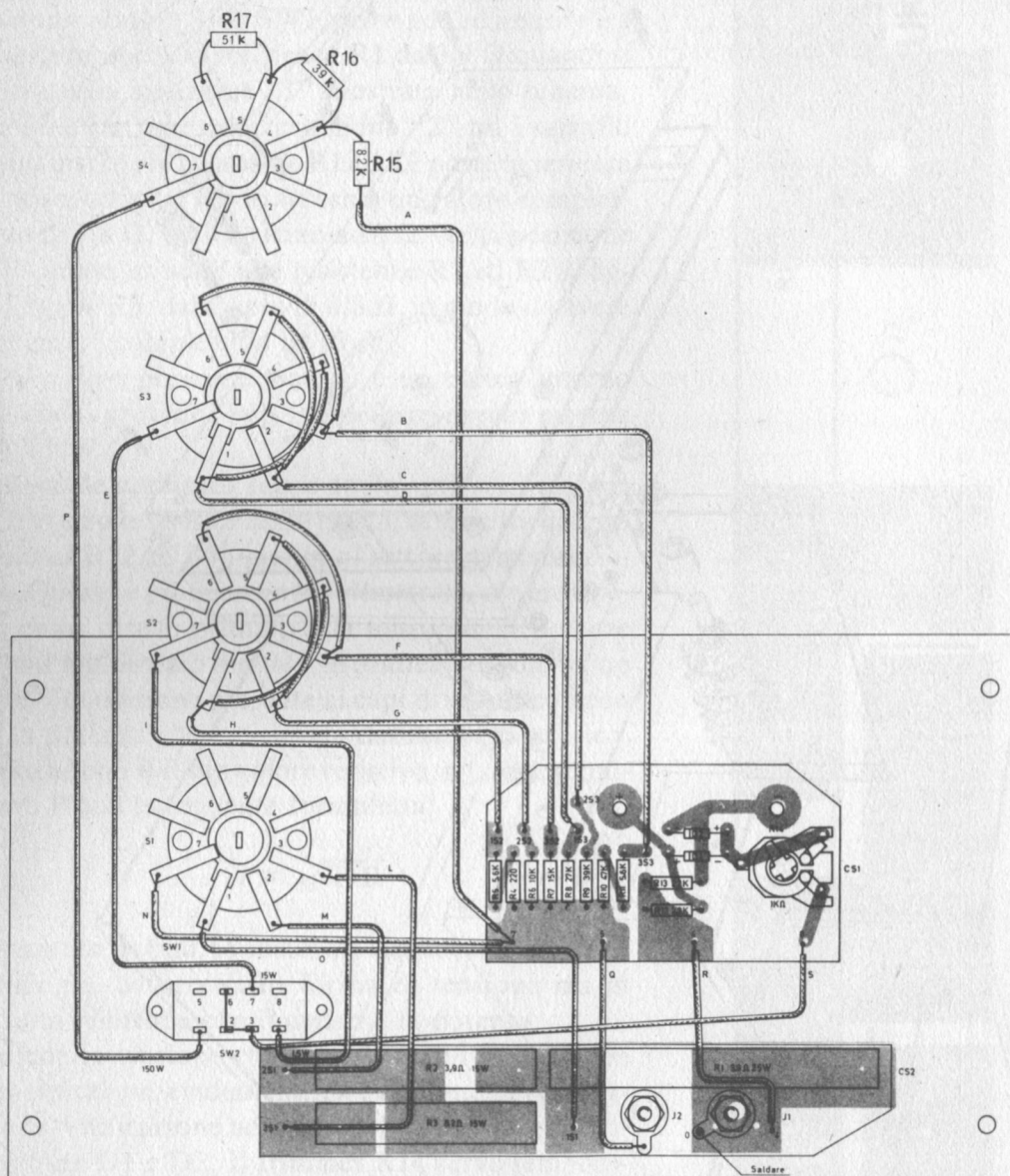



Figura 93. Sono qui rappresentati i quattro settori del commutatore rotante multiplo SW1 (S1-S2-S3 ed S4) nonchè il deviatore a cursore SW2 ed i due circuiti stampati (CS1 e CS2) per evidenziare tutti i collegamenti che li uniscono tra loro. Si noti che il settore S1 del commutatore multiplo è quello più prossimo al meccanismo di scatto, e che gli altri tre settori risultano sovrapposti nell'ordine illustrato in modo che il settore S4 si trovi in corrispondenza dell'estremità opposta.

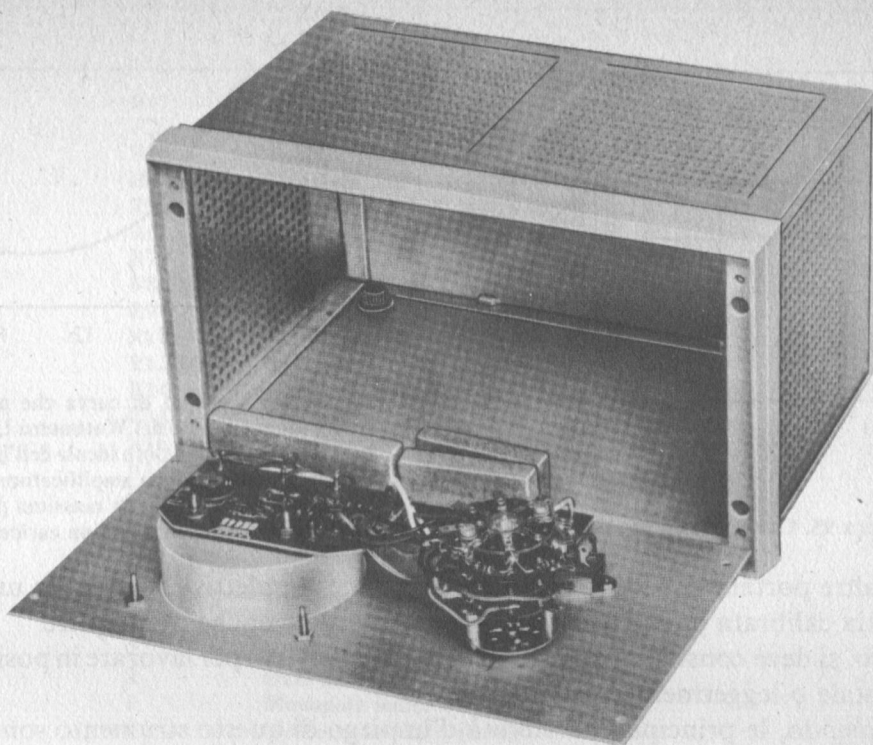



Figura 94. Wattmetro a montaggio ultimato.

tensioni alternate, ma è da dire che quasi tutti i wattmetri, attualmente sono concepiti così, a meno che non siano UHF-SHF o del tipo "passante".
Il montaggio del wattemtro è semplice. Per non collocare le resistenze di carico che ovviamente emanano un certo calore sullo stesso pannello dove si trovano le altre parti, la circuiteria è divisa in due stampati: figura 90 e 91. Una volta che si siano completati i due, si può passare al montaggio meccanico, dettagliato nell'espolso di figura 92. L'assemblaggio generale del wattmetro è indicato nella figura 93, e la didascalia chiarisce ogni dubbio che possa sussistere. Nella fotografia 94, infine si vede l'interno dello strumento cablato e pronto all'uso.
Una volta che si sia eseguito l'immancabile controllo, stavolta più semplice del solito visto che si deve verificare solo la polarità dei diodi, mentre gli altri riscontri verteranno solo sui valori delle resistenze e sui collegamenti in base alla figura 93, lo strumento potrà essere collaudato. L'azzeramento meccanico dello strumento si ottiene regolando la vite posta nella fascia grigia dell'indicatore, sottostante alla scala.
Per la calibrazione, ai serrafili di ingresso si deve collegare una sorgente di segnali che fornisca una tensione di 4,9 Veff; la si può semplicemente ricavare dalla rete luce, tramite un trasformatore ed un reostato, se si regola quest'ultimo con il multimetro digitale che abbiamo visto in precedenza. In queste condizioni, per la scala 1,5W, si deve far giungere l'indice dello strumento esattamente sulla tacca finale regolando R14.

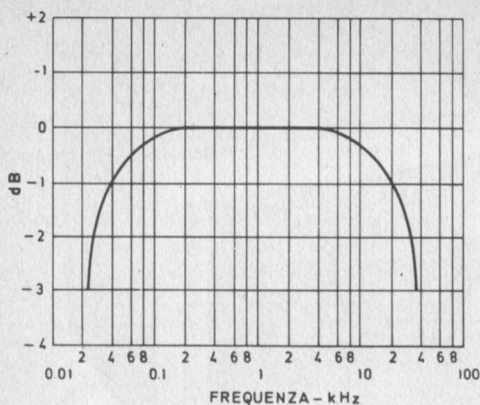



Figura 95. Curva di risposta del wattmetro.

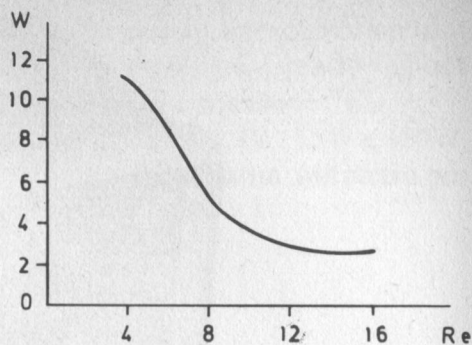



Figura 96. Esempio di curva che può essere tracciata con l'aiuto del Wattmetro UK 445/S, per determinare il valore ideale dell'impedenza di carico di uscita di un amplificatore. Nel caso illustrato, è chiaro che la massima potenza di uscita viene sviluppata con un carico di 4 Ω.

Per le altre portate non serve alcuna regolazione supplettiva, in quanto una volta che si sia calibrata quella inferiore, la taratura vale anche per le altre.
Nell'uso, si deve considerare che lo strumento è previsto per lavorare in posizione o orizzontale o leggermente inclinata.
Riassumendo, le principali possibilità d'impiego di questo strumento sono tre: la prima consiste nel poter determinare la miglior impedenza di carico durante lo studio di un amplificatore, o durante la misura di un amplificatore che abbia caratteristiche sconosciute (figura 96). Logicamente, il miglior carico corrisponderà alla maggior potenza indistorta. La seconda possibilità consiste nel rilevamento della potenza d'uscita indistorta. La terza, nel poter determinare la sensibilità d'ingresso di un amplificatore in funzione della massima potenza d'uscita, indistorta.

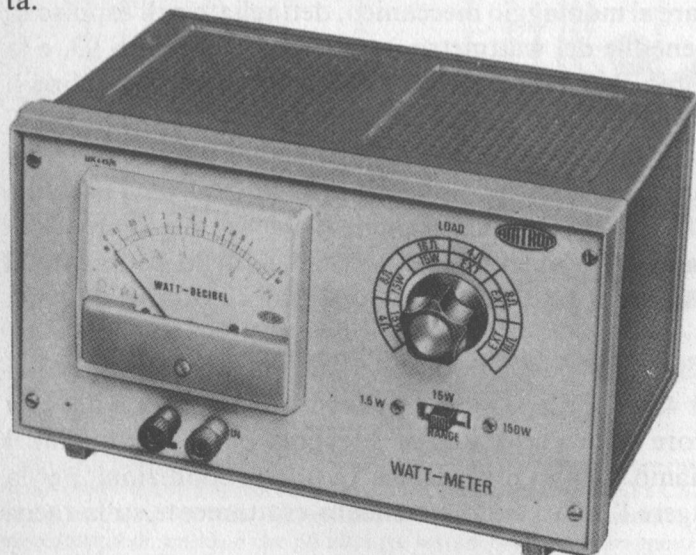



Figura 97. Il wattmetro sarà sempre impiegato in posizione orizzontale, oppure leggermente inclinata tramite il supporto ripiegabile posto sotto all'involucro. Inclinando notevolmente l'involucro, si potrebbe avere un azzeramento meccanico erroneo, che si rifletterebbe sulla lettura.

ELENCO COMPONENTI

R1	Resistore 3,9 Ω - 25 W
R2	Resistore 3,9 Ω - 15 W
R3	Resistore 8,2 Ω - 15 W
R4	Resistore 220 Ω - 0,125 W
R5-R11	Resistore 5,6 kΩ - 0,125 W
R6	Resistore 10 kΩ - 0,125 W
R7	Resistore 15 kΩ - 0,125 W
R8	Resistore 27 kΩ - 0,125 W
R9	Resistore 39 kΩ - 0,125 W
R10	Resistore 47 kΩ - 0,125 W
R12-R13	Resistori 2,2 kΩ - 0,125 W
R14	Potenziometro semifisso 1 kΩ - 0,125 W
R15	Resistore 82 kΩ - 0,35 W
R16	Resistore 39 kΩ - 0,35 W
R17	Resistore 51 kΩ - 0,35 W
D1-D2	Diodi AA119
1	Commutatore 4 settori 6 posizioni
1	Deviatore a cursore tre posizioni
C.S.1	Circuito stampato
C.S.2	Circuito stampato
15	Ancoraggi per circuito stampato
2	Viti 2,6M x 5
2	Dadi 2,6M
1	Manopola indice
1	Morsetto serrafilo (nero)
1	Morsetto serrafilo (rosso)
1	Microamperometro 100 μA F.S.
1	Pannello superiore
1	Pannello inferiore
1	Pannello posteriore
2	Fiancate reversibili
1	Assieme mascherina
1	Cornice
1	Supporto inclinazione strumento
2	Piedini con feltri
2	Prestole
4	Viti autofilettanti 2,9 x 9,5
4	Viti autofilettanti 2,9 x 6,5
2	Capi corda
m. 1,60	Trecciola isolata
1	Confezione stagno

PROVATRANSISTORI RAPIDO (UK 562)

Il lettore che ha acquistato tutte le parti per eseguire un dato montaggio, e che le ha contate e riscontrate con attenzione per vedere che siano proprio quelle che servono e non manchi nulla, crede di poter essere tranquillo, da questo punto di vista. Al contrario, se è un pochino sfortunato, di tranquillità non è il caso di parlare perché in certi casi il suo elaborato darà risultati cattivi o non funzionerà!
Come è possibile, se appunto ogni componente è nuovo, del modello previsto, e non vi sono errori di sorta?
Beh, senza voler suscitare alcuno scalpore o allarme, dirò che talvolta i transistori o non funzionano o hanno caratteristiche di gran lunga inferiori rispetto a quelle dichiarate. Possibile? Beh sì, e sovente l'ho constatato proprio a mie spese perdendo una infinità di tempo nel rintraccio di difetti "che non potevano esistere".
E questi transistori difettosi da dove vengono? Dirò brevemente che hanno due provenienze *parallele*. Quando i vari 2N109, CK722 o OC12 e simili erano prodotti e costavano migliaia di lire l'uno (parlo di circa vent'anni fa, quando con mille lire si poteva fare un buon pranzo al ristorante o comprare poco meno di dieci litri di benzina) la prova per gli elementi che sortivano dalle linee di produzione era accuratissima e condotta pezzo per pezzo.
I transistori che non riuscivano a raggiungere le caratteristiche minimali, erano gettati via; più precisamente, erano distrutti con una macchina simile ad una tritarifiuti.
Oggi si procede diversamente. I transistori sono prodotti automaticamente in blocchi (batch) ed il loro prezzo non giustifica più assolutamente la prova manuale, cosicché si effettua il *collaudo per campioni*. Da ciascun "batch" sono estratti a caso, ad esempio dieci elementi, e solo questi sono soggetti a rigide prove. Se tutti e dieci risultano buoni, la "partita" passa alla timbratura e viene immersa sul mercato, se qualche campione mostra dei difetti, il "blocco" è passato allo scarto. In tal modo, può avvenire che qualche elemento difettoso del "batch" giudicato buono, giunga alla distribuzione, ogni tanto, perché se l'automazione è notevole, non è in ogni caso perfetta. In più, che fine fanno gli scarti? Vi sono case serie che li triturano anche oggi, ma purtroppo ve ne sono altre che li accantonano per rivenderli ai recuperatori di metalli. Ora, tra i raccoglitori di rottami, vi sono dei furbacchioni che ben si guardano da mettere i transistori difettosi sotto la pressa, ma li cedono ad

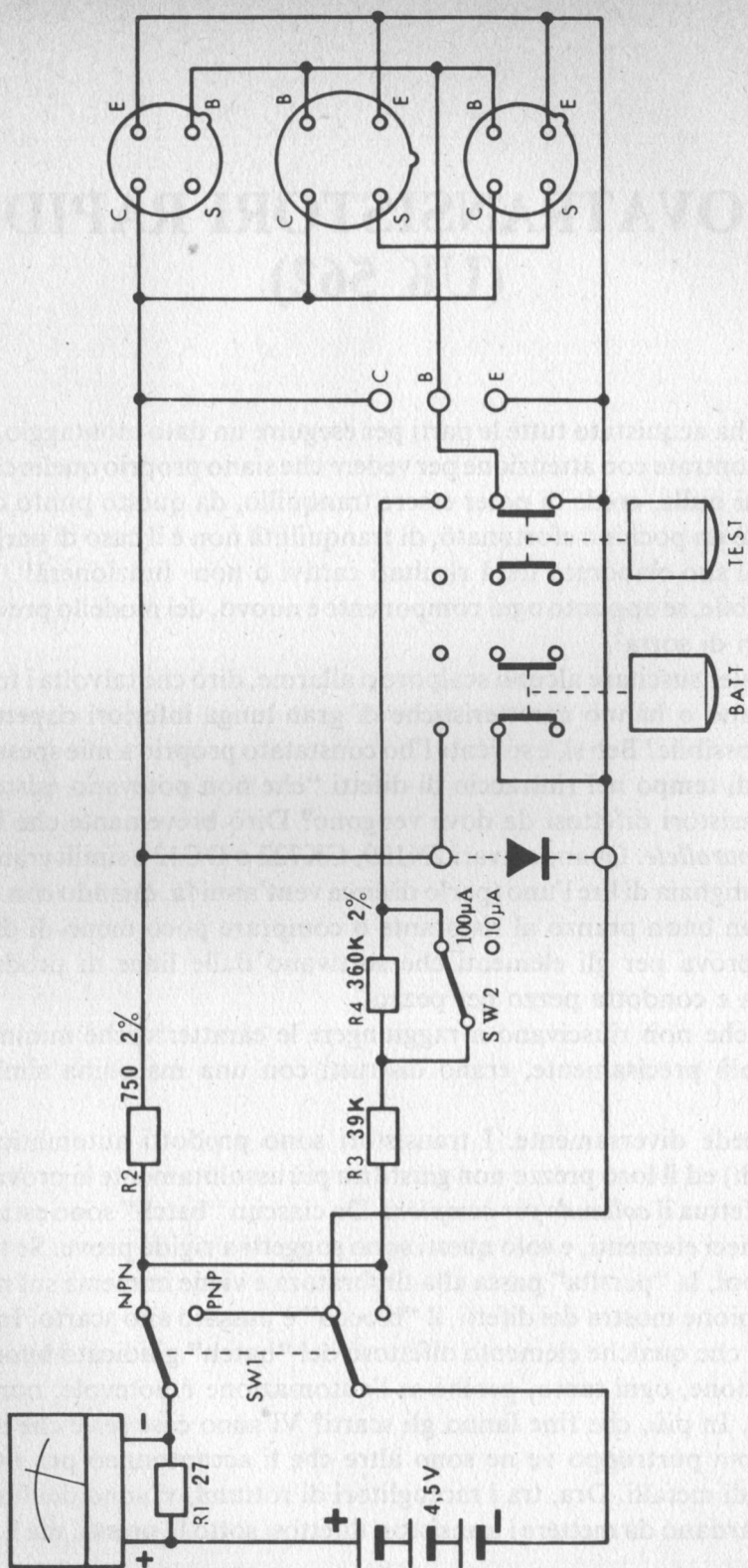



Figura 98. Schema elettrico del provatransistori. Le resistenze R3 ed R4 servono per la polarizzazione dell'elemento da collaudare, e se SW2 è aperto circolano 10 μA, mentre se è chiuso, la corrente sale a 100 μA.

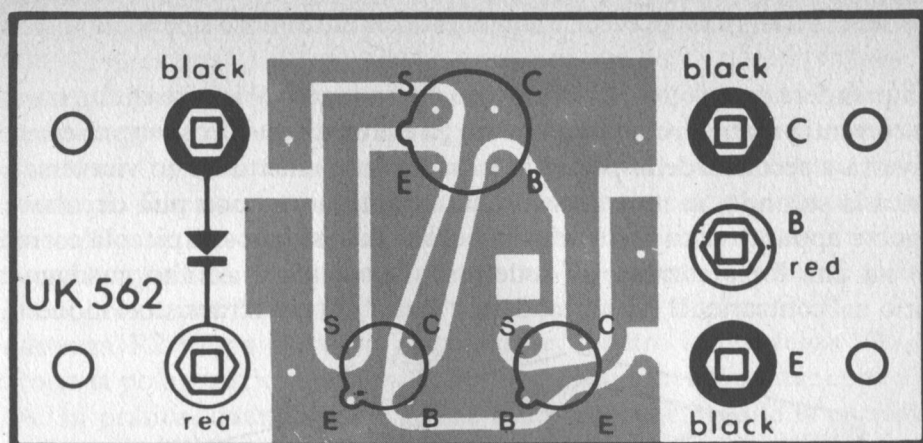



Figura 99. Circuito stampato che sorregge gli zoccoli per i transistori e le boccole per la prova dei diodi (a sinistra) nonché per i collegamenti filari ai reofori (a destra). Come è detto nel testo, se si provano transistori dalla frequenza di taglio molto elevata (superiore a 800 MHz) è meglio non utilizzare le connessioni ed innestare direttamente il transistor nello zoccolo adatto.

ambigui figuri che li rimarcano e li collocano presso piccoli rivenditori, in prevalenza; bancarellari, commercianti di surplus e simili, cosicché decine di migliaia di transistori o fuori uso o difettosi entrano sul mercato ad intervalli fissi, ed all'aspetto, non si differenziano assolutamente da quelli normali.
Poiché i maggiori clienti di aziende che trattano il surplus, dei negozietti e dei banchi sono gli sperimentatori, gli scarti giungono proprio ai nostri amici, che dopo averli montati non si capacitano perché un dato apparecchio non voglia saperne di funzionare e lanciamo ferocissimi anatemi ai progettisti, agli estensori di articoli e manuali, che in verità sono completamente innocenti, perché gli apparecchi da loro trattati considerano evidentemente l'impiego di transistori in buono stato, dalle caratteristiche come annunciate dalle case costruttrici.
Io stesso, un tempo montavo i transistori senza la minima preoccupazione, ma dopo un certo numero di delusioni causate da elementi difettosi (che tra l'altro provocano dei fenomeni stranissimi, difficili da interpretare e laboriosi da isolare) mi sono abituato a *provare sempre* i transistor che uso prima di connetterli; in particolare i modelli più correnti che sono i più "falsificati" ed inquinati da elementi difettosi, a causa della loro stessa produzione massificata. Consiglio al lettore di prendere quest'abitudine. Per la prova, non occorre uno strumento molto sofisticato, ma basta al contrario un indicatore del guadagno (Beta) che possa lavorare sia in unione ai transistori PNP che NPN. Tratterò ora proprio uno di questi sistemi di misura che, oltre ad evitare la trappola dello scarto, potrà dire al lettore se un qualunque transistor sovraccaricato per un instante o soggetto a qualche maltrattamento ne è uscito con le caratteristiche degradate e quindi lo si deve cestinare, o se può essere ancora utilizzato per altri montaggi.
Il provatransistor, è facilissimo da impiegare, dà immediatamente l'indicazione

dell'efficienza, è leggero, prevede l'alimentazione autonoma ed è economico. Non male, vero?

Per comprendere come opera lo strumento, rammenterò al lettore che un transistor ha due correnti principali che circolano tra gli elettrodi; quella collettore-emettitore (o viceversa a seconda della polarità) e quella base-emettitore (o viceversa).

Se manca la seconda, in un transistore integro, la prima non può circolare, ed il guadagno è appunto dato dalla relazione tra le due; se con una piccola corrente di base si ha una forte corrente di collettore, l'elemento è ad alto guadagno; e il contrario nel contrario. Il rapporto, detto "Beta" (β) per i transistori moderni può

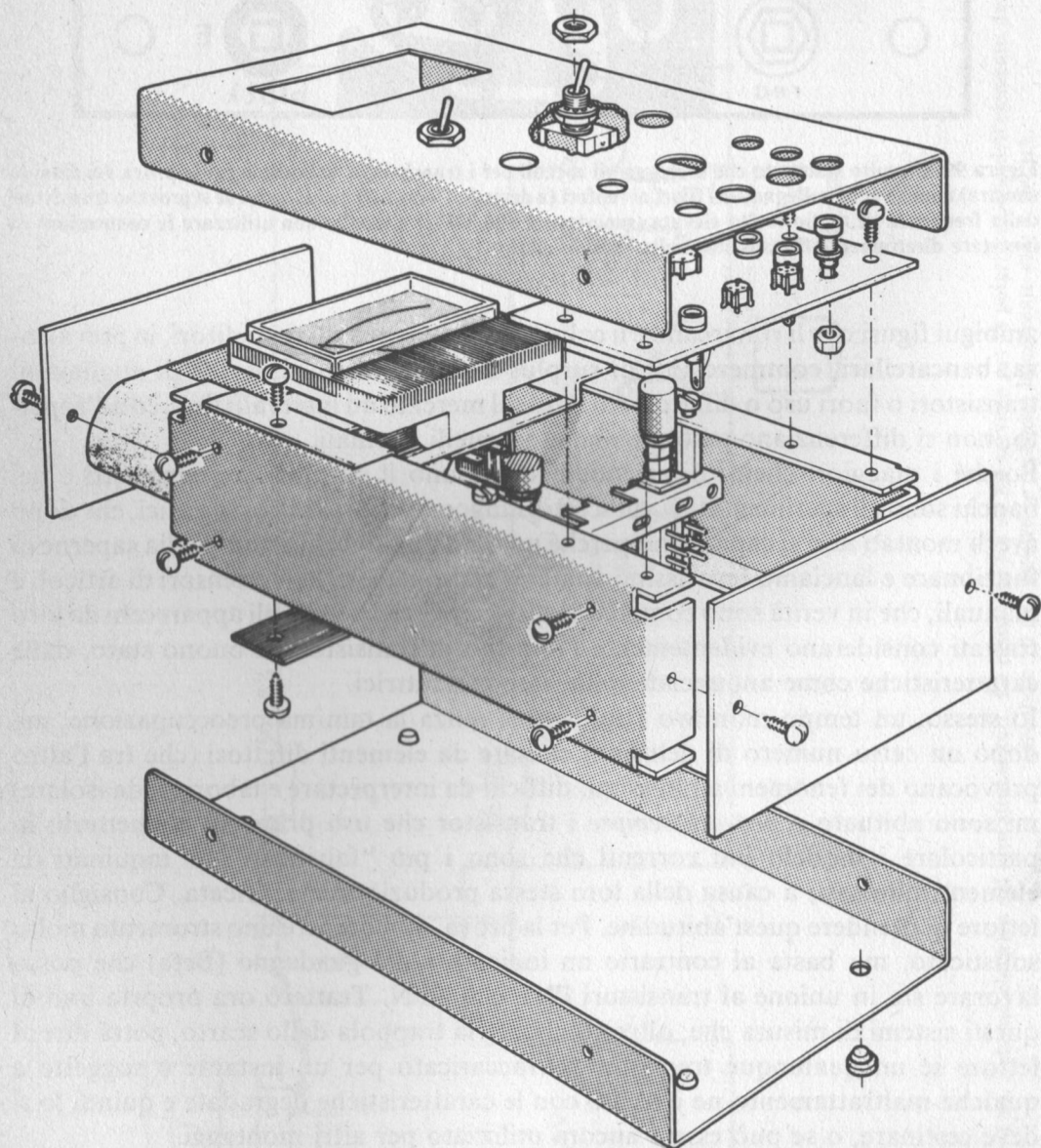



Figura 100. Vista esplosa del provatransistori.

giungere facilmente a 500 e oltre, come dire che per una corrente emettitore-collettore (o viceversa) di 10 mA, basta applicare alla base una corrente di 20 μA. Lo strumento presentato, valuta appunto la variazione della corrente di collettore in relazione a quella di base, ed in tal modo non possono accadere false indicazioni di sorta: se un transistore è di scarto, lo si vede subito, e non vi sono dubbi.
Osserviamo lo schema elettrico, figura 98, vedremo il principio messo in pratica. La pila collegata in serie con il milliamperometro, alimenta sia il circuito di collettore che quello di base. Il commutatore SW1 inverte la polarità ai capi del circuito di prova, per l'adattamento ai transistori NPN oppure PNP.
La resistenza R2 forma il carico di collettore, mentre le resistenze R3 ed R4 forniscono la polarizzazione alla base. Per questa, si prevedono due correnti; 10 e 100 μA. In pratica, quando le resistenze sono ambedue inserite la corrente è di 10μA, mentre se SW2 cortocircuita R4, resta in circuito solo R3 e la corrente sale a 100μA. Il pulsante BATT, serve per la prova della pila, escludendo il circuito di collaudo dei transistori. Se la pila è efficace, premendo il pulsante l'indice si sposta sulla zona verde della scala; controllando lo stato della pila prima di misurare i transistori, si sarà certi dei responsi ottenuti. Gli elettrodi del transistore saranno collegati allo zoccolo che si adatta alla loro disposizione; tra quelli disponibili in alternativa, si potrebbero impiegare dei fili di prolunga muniti di coccodrilli da connettere alle boccole "E-B-C" ma in tal caso potrebbero scaturire delle oscillazioni parassitarie, se il transistore è del tipo per frequenze elevatissime, genere BFY90, BFR92, SFT131, 2N709, 2N1415 e simili. I transistori per alta frequenza, è quindi sempre meglio che siano innestati direttamente sugli zoccoli.
Sono presenti due boccole accessorie che servono per la prova dei diodi che vi devono essere inseriti prima in un senso poi nell'altro.
Il pulsante TEST, quando è rilasciato mantiene la base a massa, e quando è premuto collega a questa la polarizzazione. Nel caso che sotto polarizzazione lo strumento vada violentemente a fondo scala, si deve rilasciare subito il pulsante e diminuire la corrente di base tramite SW2.
La resistenza R1 serve solo come "shunt", ovvero diminuisce la sensibilità dell'indicatore di quanto serve.
Non credo servano altre note in merito al circuito, quindi vediamo la realizzazione.
Il solo circuito stampato che si utilizza, è quello visibile nella figura 99, che sostiene gli zoccoli e le varie prese.
Il relativo assemblaggio è elementare.
Tutte le altre parti sono fissate meccanicamente, come si vede nell'esploso di figura 100. Il piano d'interconnessione generale si vede nella figura 101. Veramente nulla di più semplice; il lettore, però, tenga presente che talvolta i montaggi elementari sono proprio quelli che riserbano delle delusioni perché *non li si prende sul serio*, e si lavora con un tocco di degnazione. Niente compiacenza e svagatezza quindi.
Massimo scrupolo; come sempre.
Vediamo ora il collaudo e l'impiego dello strumento.
Per verificare la corretta connessione della pila e di una parte del circuito, si

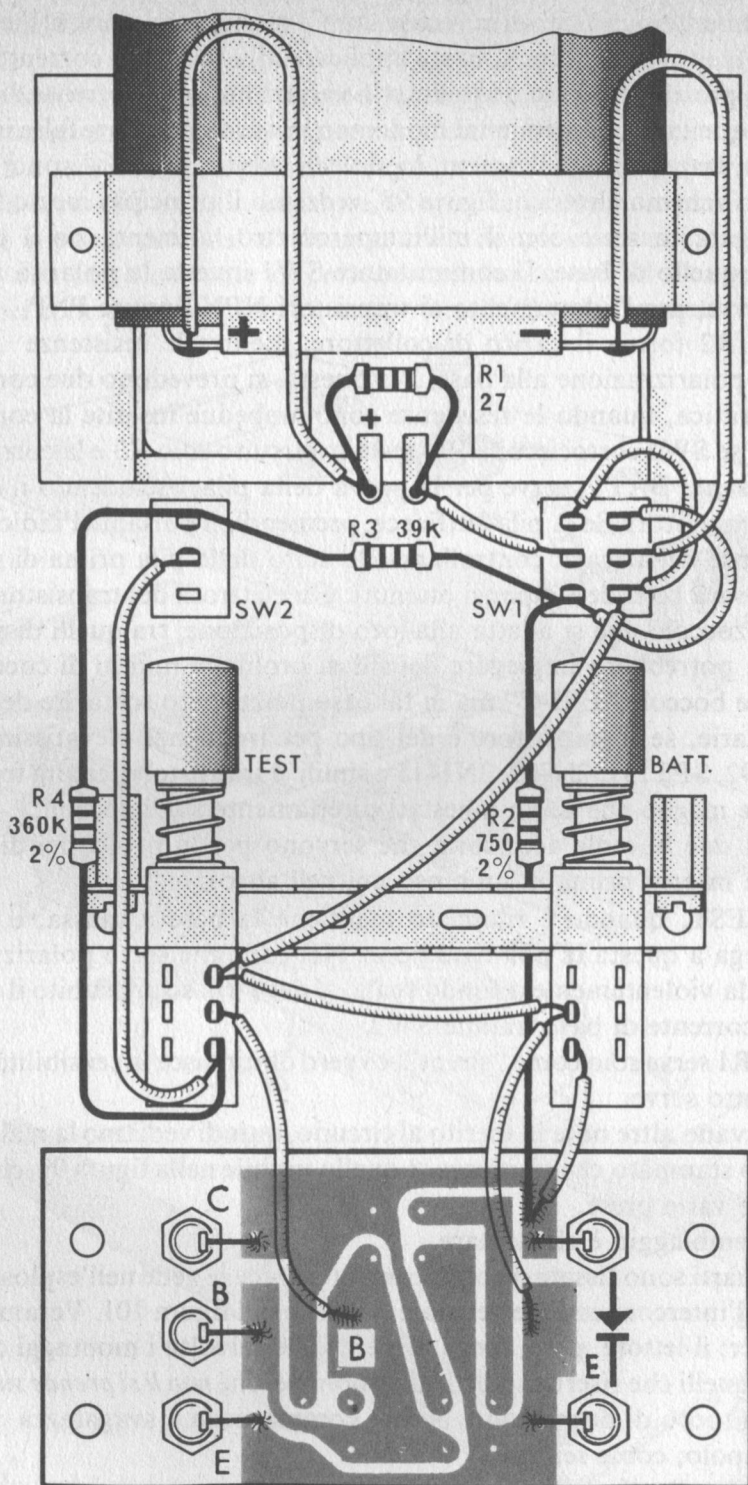



Figura 101. Piano generale di cablaggio dello strumento.

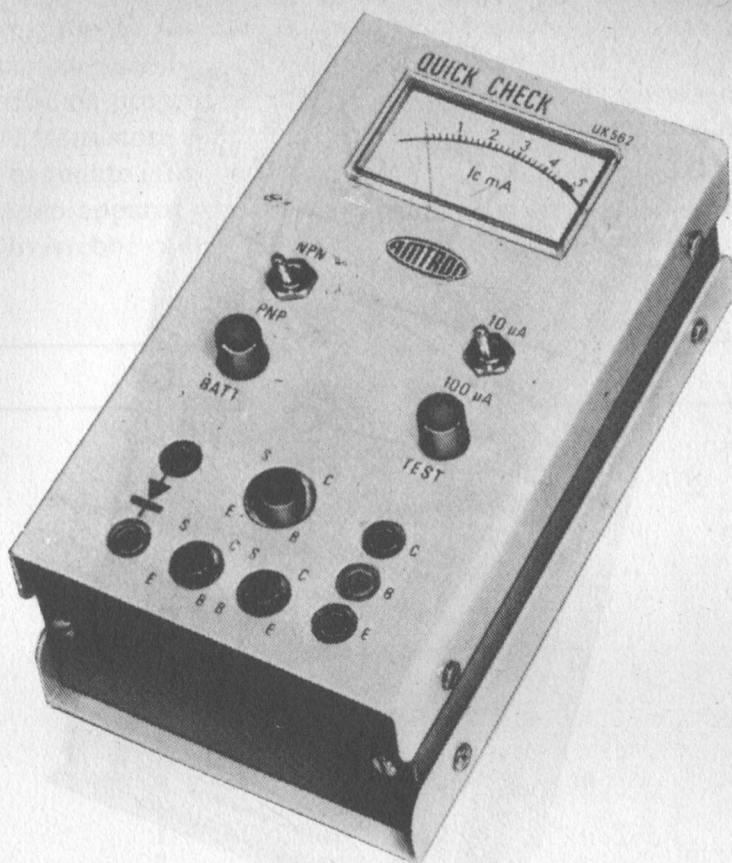



Figura 102. Il provatransistori montato ha un aspetto decisamente professionale e robusto.

premerà subito il pulsante BATT. L'indice del microamperometro deve portarsi a fondo scala (5 mA) o quanto meno raggiungere la zona verde.
Lasciato il pulsante, i terminali di un transistore sicuramente in buono stato dovranno essere collegati allo zoccolo che serve, tra i tre disponibili, quindi si azionerà opportunamente il deviatore PNP-NPN, si premerà il pulsante TEST e si osserverà cosa succede. Se l'indicazione risulta bassa, tanto da complicare la lettura, il deviatore della polarizzazione dovrà essere spostato su 100 μA. Il Beta dello strumento si ricava moltiplicando l'indicazione per 100 se la corrente di base è 10μA, e per 10 se è 100μA.
Se l'indicatore va a fondo scala prima che sia premuto il pulsante TEST, due possono essere i casi: o si è sbagliata la polarità del transistore, o questo non è tanto buono come si credeva, ma anzi vi è un corto tra collettore e base. Se in nessuna condizione l'indicatore offre una lettura, il transistore è addirittura aperto; vi è una giunzione interrotta.
Per controllare quale sia, si possono impiegare le boccole prova diodi, infatti, com'é noto, le giunzioni, non sono che diodi NP o PN. Verificando che in transistore si

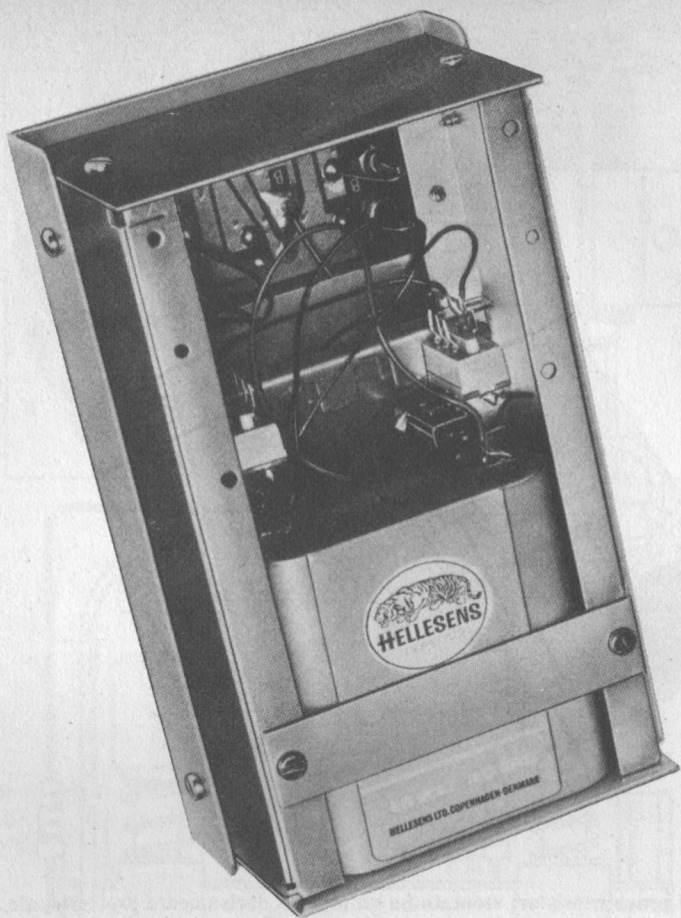



Figura 103. Interno del provatransistori. In basso si scorge parzialmente il circuito stampato.

abbia il passaggio di cariche nel senso base-emettitore, si può facilmente identificare la giunzione che non conduce del tutto.
La prova dei diodi si esegue collegando l'elemento alle boccole prima in un senso, poi nell'altro, in una direzione che corrisponde al negativo applicato al catodo l'indicatore andrà a fondo scala; nell'altra il milliamperometro non segnerà nulla, o una corrente davvero trascurabile, se si tratta di un elemento al germanio. Nel caso che non si abbia alcuna segnalazione, nei due sensi il diodo è interrotto, così come se si ha un doppio fondo scala, la giunzione è sicuramente in corto.
Per provare un transistore usato, prima di tutto si deve asportare lo stagno dei reofori, riscaldandoli con il saldatore e poi "scrollandolo via" come si potrebbe fare con un pezzo di carta sul quale vi siano delle goccioline da togliere, poi, una volta che i terminali siano identificati con uno dei tantissimi manuali in circolazione che li indicano, l'elemento sarà inserito nello zoccolo adatto allargando i reofori e sagomandoli con una pinza a becco piatto.

Come ho detto in precedenza, per i modelli che hanno una bassa frequenza di taglio, che sono previsti per l'impiego BF, è anche possibile l'impiego di fili flessibili che servono da prolunghe, muniti di mini-coccodrilli per afferrare i terminali. Se però il transistore in prova è del tipo per VHF-UHF, non si deve impiegare tale pratica, in quanto i fili potrebbero rappresentare una sorta di circuito risonante, ed il complesso apparirebbe come una sorta di oscillatore ad onde ultracorte, e la lettura diverrebbe completamente inattendibile.

ELENCO COMPONENTI

R1	**Resistore 27 Ω ± 5% 0,33 W**
R2	**Resistore 750 Ω ± 2% 0,33 W**
R3	**Resistore 39 kΩ ± 5% 0,33 W**
R4	**Resistore 360 kΩ ± 2% 0,33 W**
SW1	**Deviatore bipolare levetta**
SW2	**Deviatore unipolare**
1	**Pulsantiera**
1	**Strumento**
1	**Zoccolo per transistore**
2	**Zoccoli per transistori**
3	**Boccoline nere**
2	**Boccoline rosse**
1	**Circuito stampato**
2	**Distanziatori esagonali L = 10**
1	**Cavallotto**
1	**Listello**
2	**Fiancate**
2	**Pannelli**
1	**Fondo**
1	**Coperchio**
1	**Squadretta posizionamento strumento**
4	**Piedini**
4	**Viti M3 x 6 testa cil. t.c.**
20	**Viti autofilettanti 2,9 x 6,5 testa cil. t.c.**
50 cm.	**Trecciola isolata rossa**
50 cm.	**Trecciola isolata nera**
10 cm.	**Filo rame stagnato ∅ 0,7**
1	**Confezione stagno**

L. 6.000

Cod. 8004

Autocostruzione di tutti gli strumenti fondamentali per lo studio dell'elettronica: alimentatori stabilizzati, multimetri digitali, generatori sinusoidali ed a onda quadra, iniettore di segnali, provatransistor, wattmetri e millivoltmetri.

JACOPO CASTELFRANCHI EDITORE

Il moderno Laboratorio Elettronico

3